

CRWR Online Report 05-11

Rio Conchos WEAP Exercises – Rio Conchos Ejercicios WEAP

by

Rodrigo A. Nicolau del Roure, B. S.

Graduate Student

and

Daene C. McKinney, PhD.

Principal Investigator

December 2005

CENTER FOR RESEARCH IN WATER RESOURCES

Bureau of Engineering Research • The University of Texas at Austin
J.J. Pickle Research Campus • Austin, TX 78712-4497

This document is available online via World Wide Web at
<http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports/online.html>

INTRODUCTION

For the success of project “A Physical Assessment of the Opportunities for Improved Water Management in the Rio Grande/Rio Bravo Basin” which the Center for Research in Water Resources (CRWR) of the University of Texas at Austin takes a leading role, bi-national cooperation and training is fundamental. The Physical Assessment project is developing a water resource management model in order to meet the demands on both sides of the river.

The National Heritage Institute (NHI) and CRWR have joined forces to work on this problem. After comparing different water management models, the Water Evaluation And Planning System (WEAP) has been chosen to be the model system for the basin. WEAP differs from other modeling software because it provides a comprehensive, flexible and user-friendly framework for planning and policy analysis. It also has three characteristics that make it a powerful and useful tool:

- **It uses a Water balance database:** WEAP provides a system for maintaining water demand and supply information;
- **It has Scenario generation tools:** WEAP simulates water demand, supply, runoff, streamflows, storage, pollution generation, treatment and discharge and instream water quality; and
- **It can apply Policy analysis tools:** WEAP evaluates a full range of water development and management options, and takes account of multiple and competing uses of water systems.

The Rio Conchos basin has undergone several studies by different Mexican institutions and as part of the Rio Grande/Rio Bravo Basin has all its hydrologic data in an ArcHydro Geodatabase. It is a region that has been under a severe drought and the irrigation systems have over exploited the available water. Therefore, the information and the urgent need to implement better management of the water provided NHI and CRWR a case to apply the modeling software WEAP.

The following report shows the application of WEAP in the Rio Conchos Basin. It consists of several examples and exercises showing step by step how to input data into the program and interpreting the output information (charts and graphics). Because of the importance of the project and in order to avoid any problems of language barriers a translation of the exercises were written. This Spanish version is presented here.

This translation was part of the training materials used during the actual training session that was provided by the NHI and the CRWR to Mexican partners involved in the different projects. The training workshop was scheduled from October 23rd to October 26th of 2005 and done at the Universidad Autonoma de Ciudad Juarez in Ciudad Juarez, Mexico.

MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Rio Conchos Ejercicios WEAP

Octubre 2005



Natural
Heritage
Institute

TABLA DE CONTENIDOS

Suministro principal y características en la demanda del Río Conchos	4
Conectando WEAP con la base de datos Geográficos.....	16
Agregando demandas Urbanas	22
Desagregando las demandas de irrigación.....	29
Modelación de lluvias y pérdida de aguas lluvias y localización de recurso aguas	38
Modelando ET demandas de irrigación	53
Creando y corriendo escenarios	62

MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Suministro principal y caracteristicas en la demanda del Rio Conchos

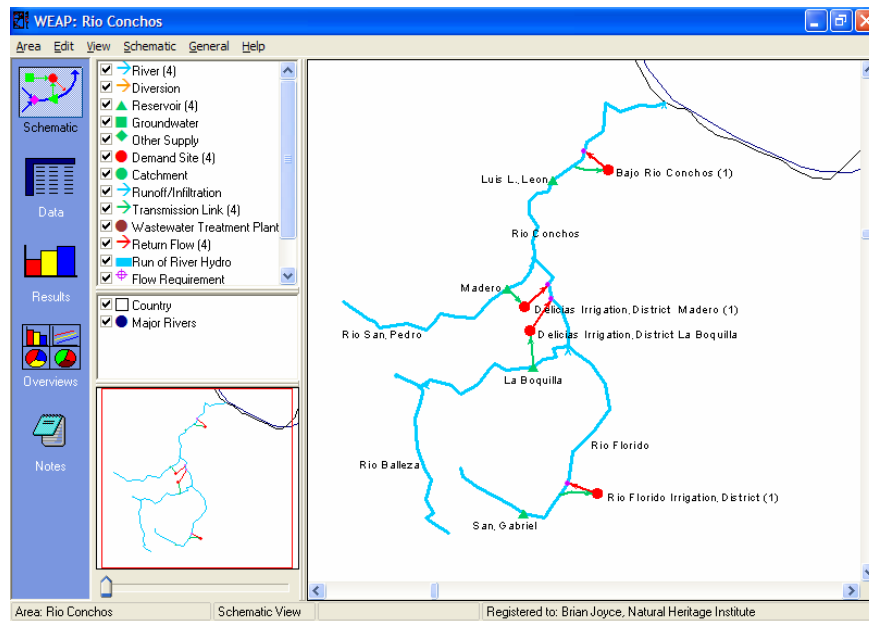


Natural
Heritage
Institute

Componentes Principales

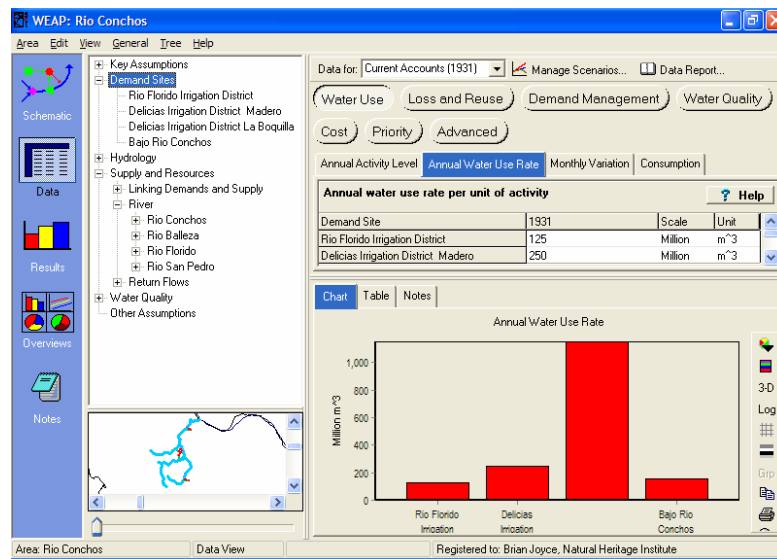
Este manual contiene ejercicios para desarrollar y aplicar WEAP en la cuenca del Rio Conchos. Como punto de partida usaremos una representacion basica de la cuenca que contiene los mayores suministros y afluentes, estructuras de control y areas de demandas. Comenzaremos por explorar algunas de las características de esta. Abra “Rio Conchos” en WEAP seleccionando “area/open/rio conchos” en el menu principal.

En esta presentacion, Rio Conchos y sus rios tributarios Florido, Belleza y San Pedro son los principales aportadores en el aporte de agua. Las mayores demandas son atribuidos a tres distritos de irrigacion, Rio Florido ID, Delicias ID y Bajoa Rio Conchos ID. Tambien veremos que Delicias ID ha sido separado en dos areas, cada una con un suministro por separado. La reserve de control que permite el suministro de agua a estas areas son San Gabriel, La Boquilla, Madero y Luis L Leon.

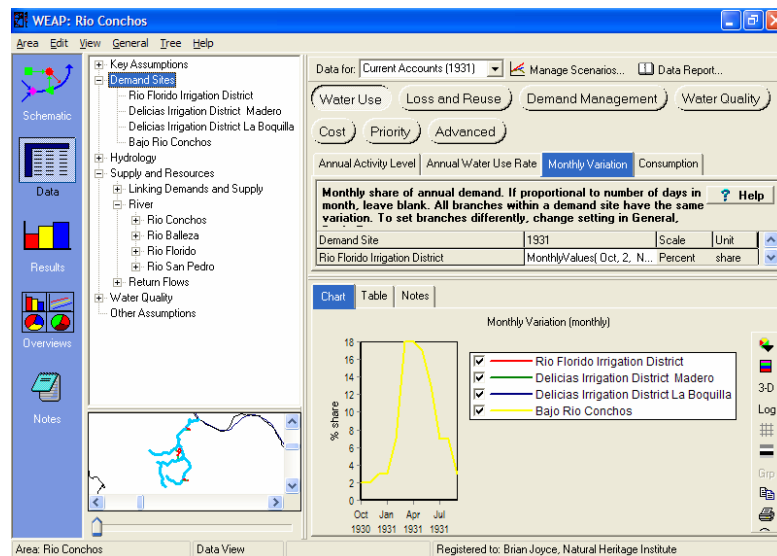


Estructura de demanda

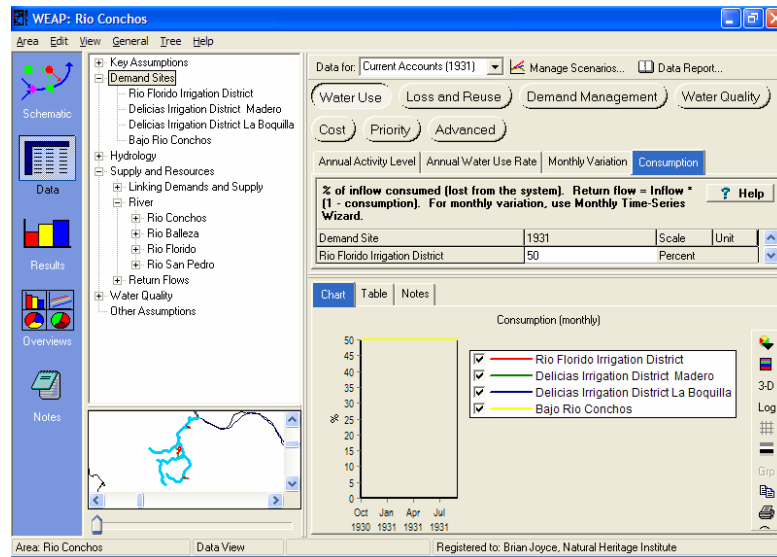
Ahora veremos como se definen las demandas de agua dentro de cada distrito. Vaya a “Data” a la izquierda de la pantalla. Seleccione “Demand sites” dentro del arbol. La opcion “water use” (en un boton) debe estar presionado y abierto. Click en “Annual water use rate”. Notara que las demandas agricolas estan prefijas y que no cambian año a año. Mas adelante reconfiguraremos estas areas para que dependan del tipo de cosecha y del clima.



Ahora click en “monthly variation”. Esta carpeta es usada para particionar el uso anual de agua en valores mensuales. Note que cada distrito de irrigacion asume la misma variacion. Esto implica cosechas similares en su patron para cada distrito.



Click en “consumption”. Aqui es donde se define la fraccion entregada a cada distrito de irrigacion. El agua restante es ruteado de vuelta al rio a través de retornos de flujo. Este valor es un reflejo de la eficiencia en la irrigacion, el reuso de agua and perdidas de agua dentro del area de demanda.

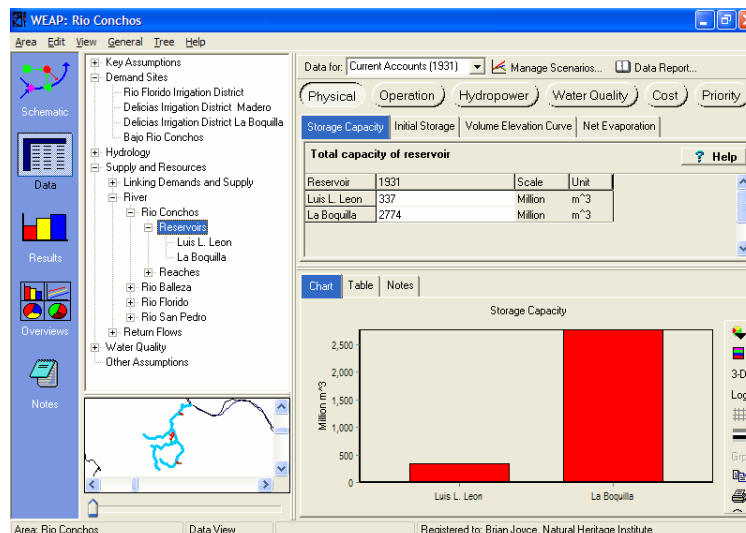


Suministros de Agua

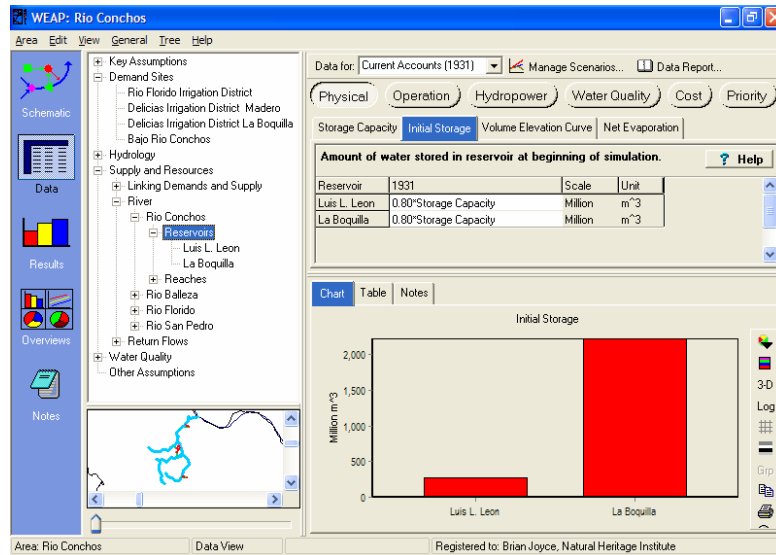
Ahora veremos un par de reservas de agua los que entregan el suministro a los distritos de riego. Investigaremos sus características físicas como también las reglas bajo las que operan.

1. Características físicas

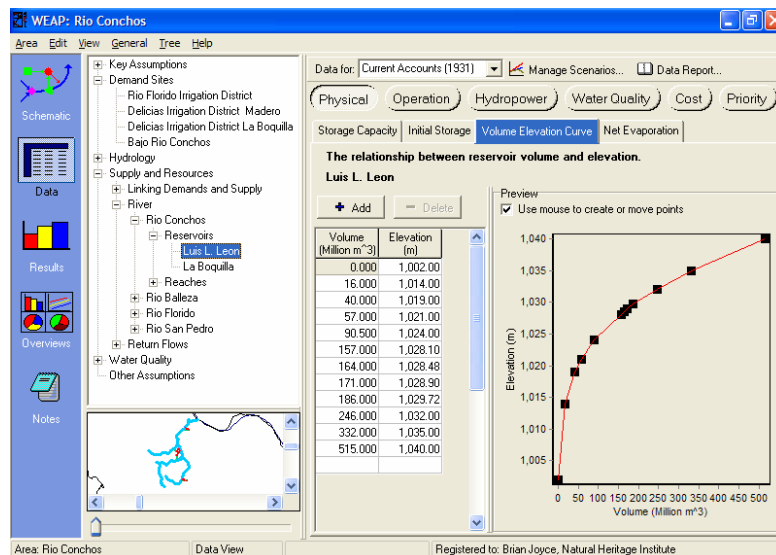
Para ver datos sobre reservas de agua seleccione “supply and resources/river/rio conchos/reservoirs” del arbol de datos en “Data”. Una ventana aparecera de nombre “physical” (el boton debe estar presionado). Click en “Storage capacity”. Deberia estar viendo valores totales en la capacidad de reserve de Luis L Leon y de La Boquilla.



Click en “initial storage”. Capacidades de reserve son inicializadas aqui ya sea con valores constants o como funciones.



Click en “volume elevation curve”. Cambios en el volumen de reserva estan relacionados con los cambios en la altura de la superficie y a su vez esta esta relacionada a perdidas por evaporacion y cuando corresponda a generacion electrica. Compare el volumen – elevacion entre Luis L Leon y La Boquilla.

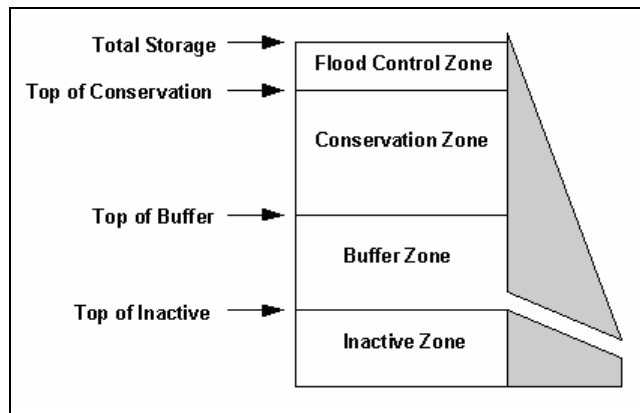


Click en “Net evaporation”. Aqui se han usado promedios mensuales para estimar la perdida por evaporacion de estas dos reserves de agua. Medida en series de tiempo esta informacion puede ser leido por WEAP en donde se tenga.

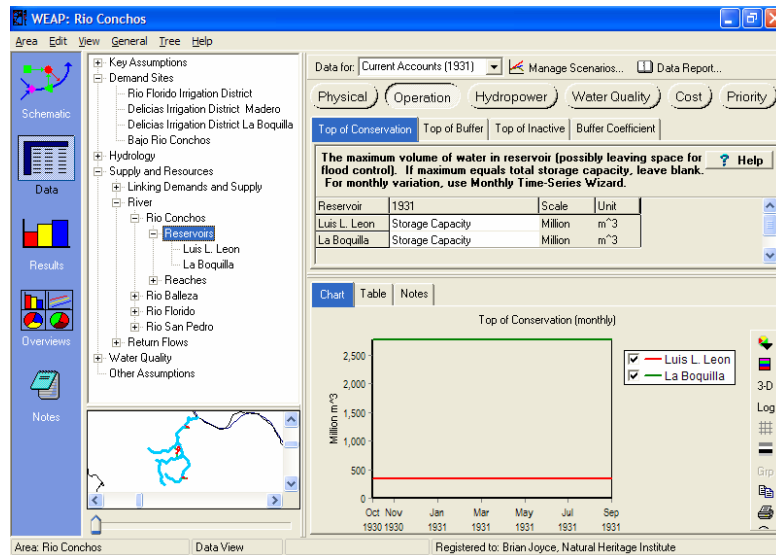


2. Reservas y operaciones

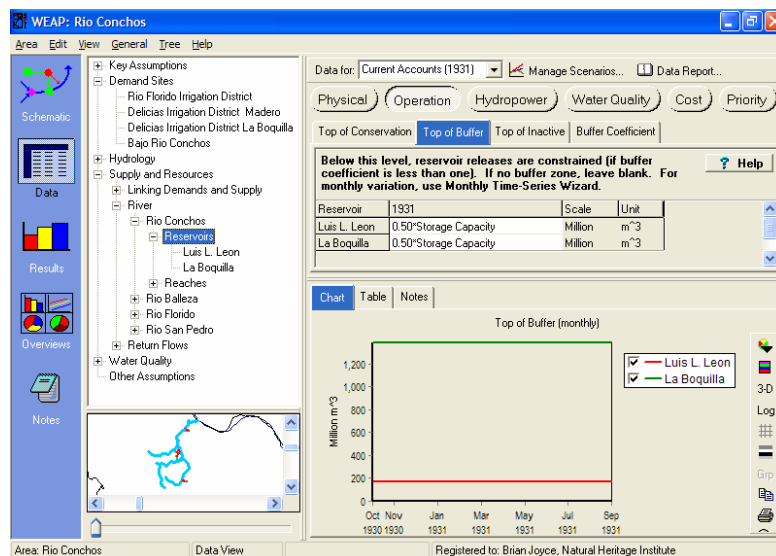
Como muestra la figura siguiente, WEAP permite modelar operaciones de una represa o reserve a través de la definición de varias zonas que tienen diferentes restricciones sobre estas. Se puede saber mas de esto en la Ayuda/Help del programa. Tan solo vaya a “reservoir zones and operation”.



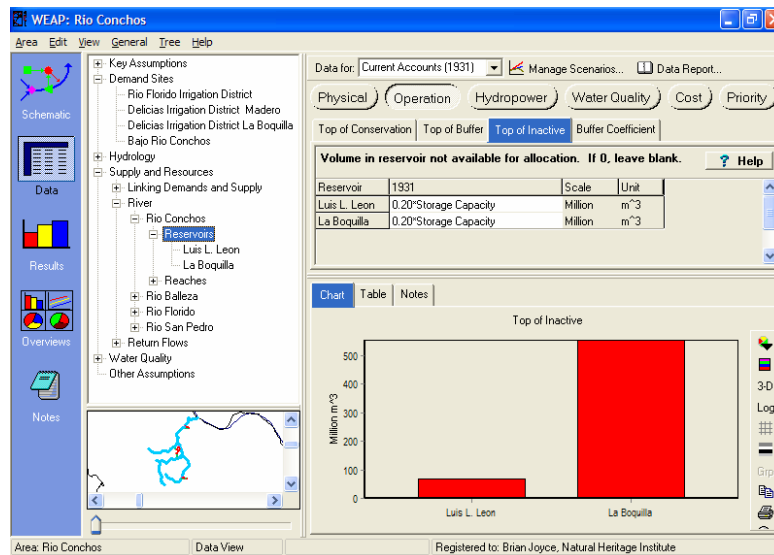
Veremos ahora las operaciones basicas para Lius L Leon y La Boquilla. Abra “operations” presionando el boton. Click en “top of conservation”. Notara que la zona de conservacion para ambos es igual a su capacidad de almacenamiento. Esto indica al modelo que ninguno de los dos esta operado por o para retencion de inundaciones.



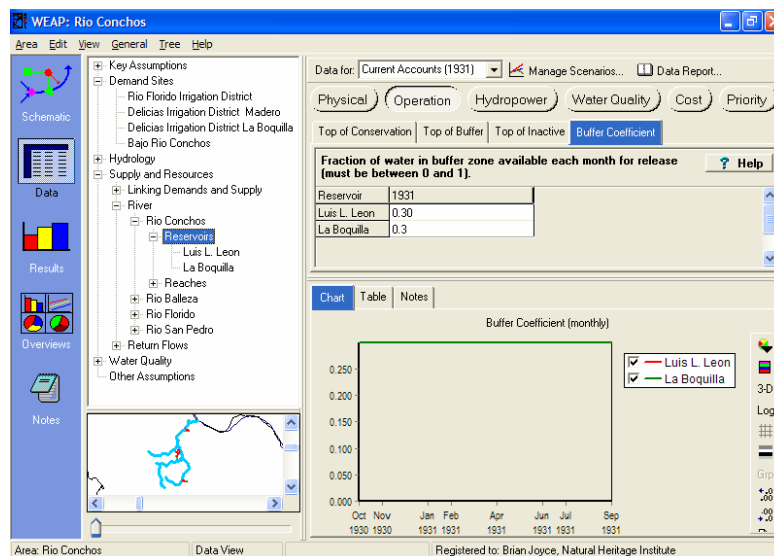
Click en “top of Buffer”. Ambas reservas especifican la altura de la zona “buffer” a la mitad de la capacidad de la reserva. Esto implica que por cada reserve, el volumen de la zona de conservacion, desde donde el agua se entrega sin restricciones, es la mitad de la capacidad (en altura) de la represa, por lo tanto, la mitigacion de esfuerzos no comienzan sino hasta que se la altura se reduzca a la mitad.



Click en “top of inactive”. Note que ninguna de las reservas puede liberar agua cuando la capacidad baja a 20% del total. Recuerde que la altura de inactividad es el limite inferior de la zona “buffer” y dentro de esta zona pueden existir otras restricciones cuando se esta entre 20 y 50 %.



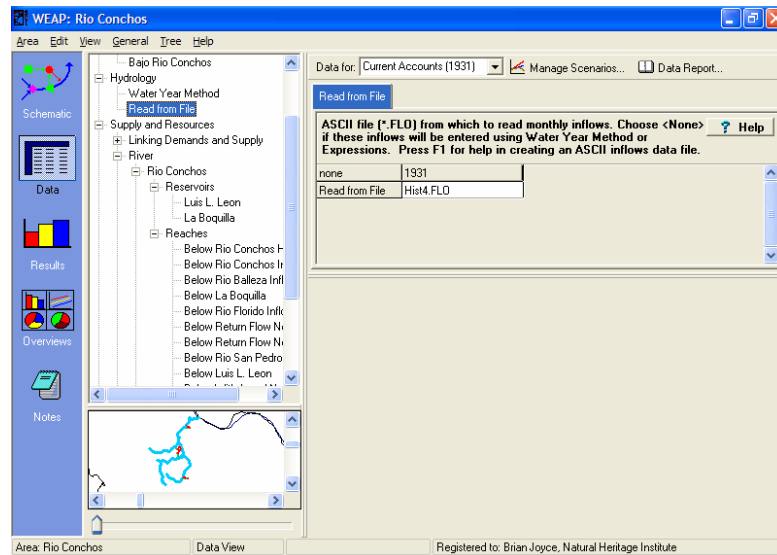
Click en “Buffer coefficient”. Aqui se especifica la fraccion de agua dentro de la zona “buffer” que esta disponible para liberarse en cualquier periodo del mes.



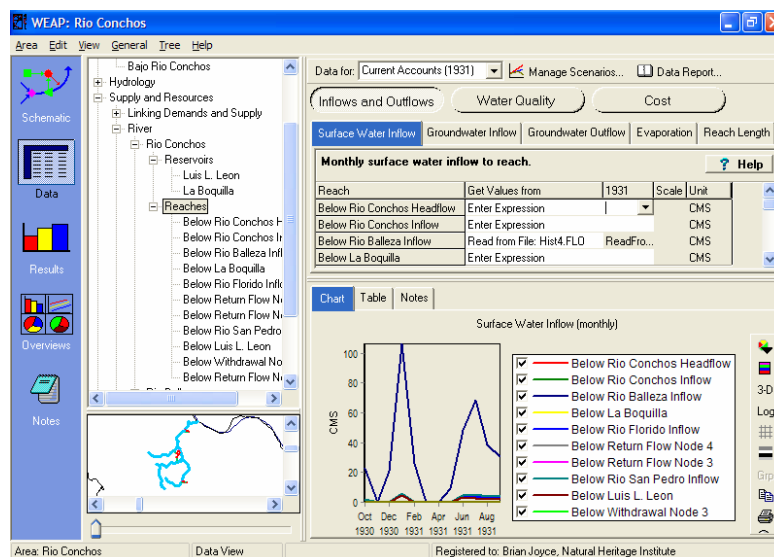
Reserva y sus afluentes (o flujos de entrada)

Flujos mensuales y sus valores pueden ser especificados manualmente dentro de WEAP, leídos desde un archive externo o calculados usando informacion de aguas

lluvias, la cual depende de datos climaticos. Para este ejercicio, miraremos como WEAP lee datos de flujos desde un archivo externo. Seleccione “hydrology / read from file” desde el arbol de datos. Notara que un archivo formateado en ASCII, Hist4.flo, esta especificado como el archivo que se leera.



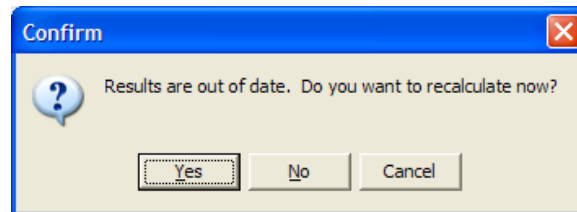
Afluentes seran especificados para varios alcances del rio. Para ver estas ubicaciones y valores seleccione “supply and resources/river/rio conchos/reaches”. Si “inflows and outflows”, el boton, no esta seleccionado, presionelo ahora. Clic en “surface water inflows”.



Usando el arbol de datos, seleccione los otros rios para ver las ubicaciones y valores de sus afluentes de agua de superficie.

Primeros Resultados

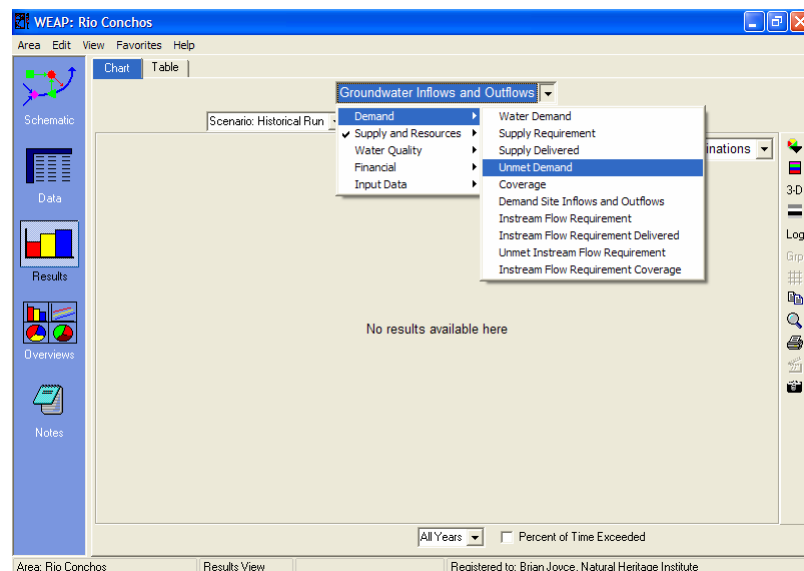
Aquí correremos el programa y veremos algunos resultados preliminares. Para comenzar la simulación haga clic en “results” a la izquierda de la pantalla. En la ventana que aparece clic en “yes”.

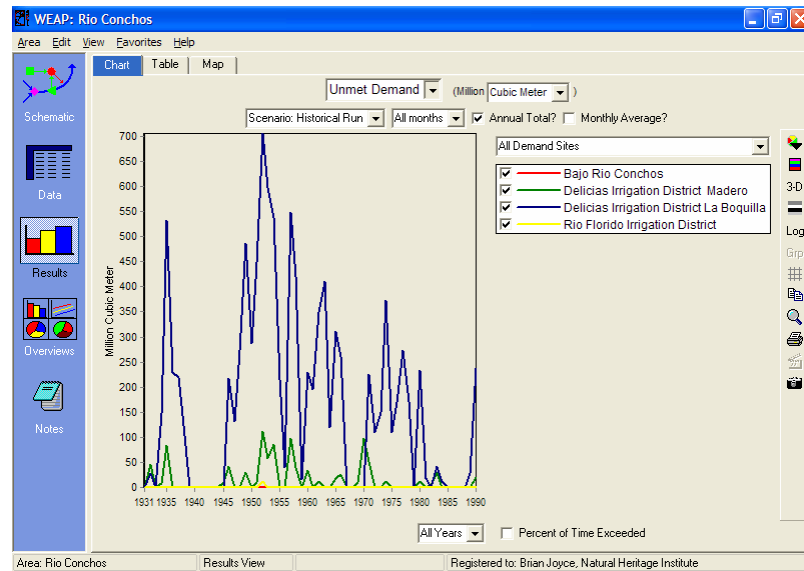


1. Demanda no satisfecha (o inapropiada)

Una de las primeras cosas que es interesante aprender es si el modelo es capaz de entregar agua a sus objetivos. En la versión actual del rio Conchos, hemos definido como objetivos solamente los tres distritos de riego. Una manera de ver la entrega segura es mirando a la demanda anual de riego o irrigacion menos el agua enregada a ellos.

Del menú en la carpeta “chart”, seleccione “demand / unmet demand”

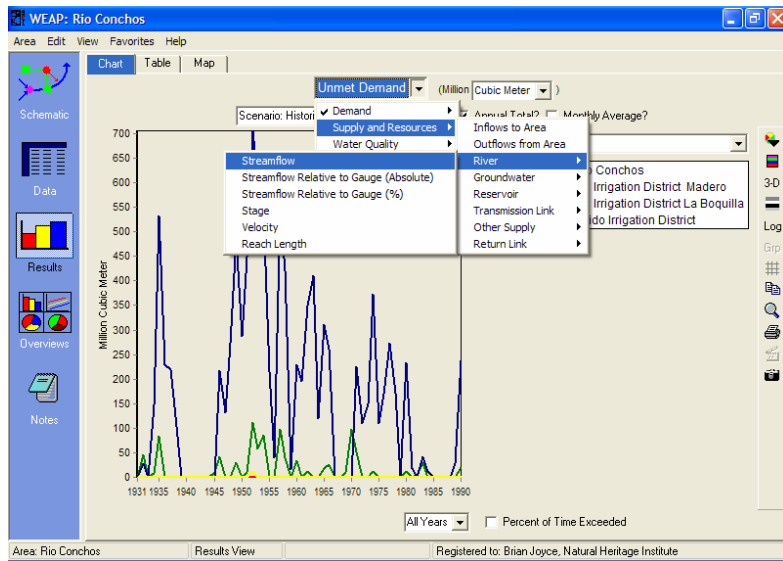




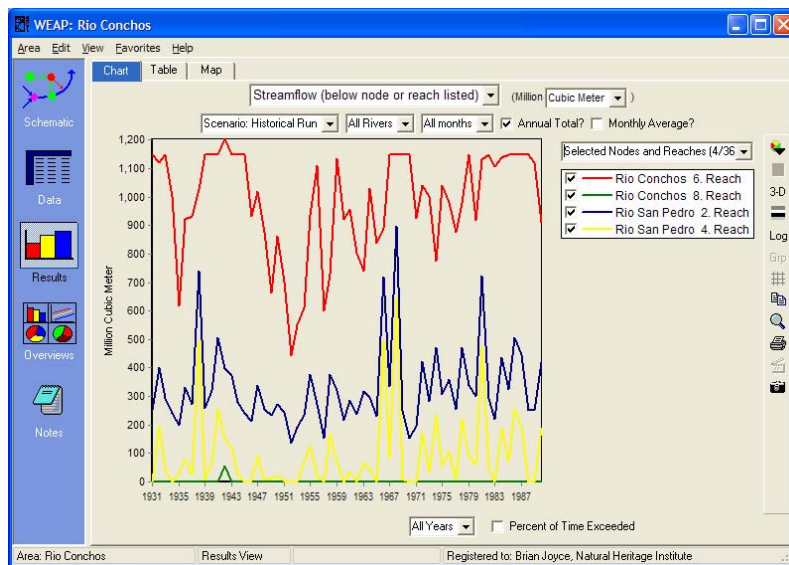
Otra manera de ver esto es graficando el porcentaje de demanda que fue entregado. Use “Demand / coverage”.

2. Streamflow (flujo)

Otro importante resultado es el impacto de la entregas de agua en los flujos o afluentes. Debido a que no se especificaron requerimientos de flujo, el agua de superficie a lo distritos de riego pueden ser reducidos significativamente desde la hidrografia natural. Se puede hacer la pregunta, ¿si no hay agua suficiente para satisfacer el riego implica que los rios se secan? Para mirar esto, seleccione “supply and resources / river / streamflow”



Para ver el impacto de las aguas de superficie entregadas a Delicias ID y sus efectos sobre los flujos graficaremos las liberaciones de la reserva La Boquilla y Madero y la flujos aguas debajo de estas. Usando “selected nodes and reaches” vaya a y seleccione: “Below La Boquilla”, “Below Node 1” “Below Madero” y “below Withdrawal node 4”.



MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Conectando WEAP con la base de datos Geograficos



Natural
Heritage
Institute

Nota:

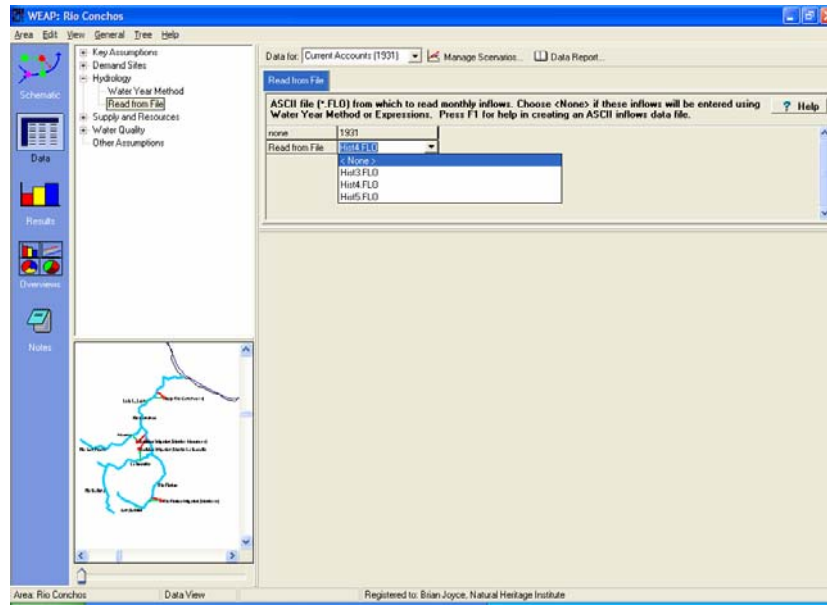
Para comenzar este modulo, abra "Rio Conchos" si aun no esta abierto. Vaya al menu principal y seleccione "Revert to Version" y escoja la version llamada "Starting Point for Rio Conchos Applications 1 - 2."

LEYENDO INFORMACION SOBRE MODELOS DESDE ARCHIVOS EXTERNOS

WEAP es capaz de leer archivos de texto, archivos con separador de coma o desde al programa MS Access. En este ejercicio haremos una transición del modelo para que lea información desde ArcHydro y lo desarrollado para el Rio Grande/Rio Bravo (archydrobinational.mdb). Reemplazaremos los flujos de aguas de superficie con datos de flujos naturalizados contenidos en series de tiempo desarrollados por el Texas Commission en Environmental Quality (TCEQ).

1. Remove la referencia al archivo Ascii

Para remover la referencia en el archivo ascii que contiene datos dudosos, vaya a "hydrology / read from file" en el arbol de datos. Seleccione "none". Esto borra o limpia todas las llamadas a o desde un archivo externo.



2. Leer flujos de entrada desde una base de datos GEODATABASE

TCEQ ha generado datos naturalizados o reales en 45 lugares dl rio bravo/rio grande. 6 de ellos estan en la cuenca del Rio Conchos. Estos estan resumidos en la siguiente tabla. Se usaran flujos en series de tiempo para definir flujos de cabeza para Rio Conchos, Rio Florido y Rio San Pedro.

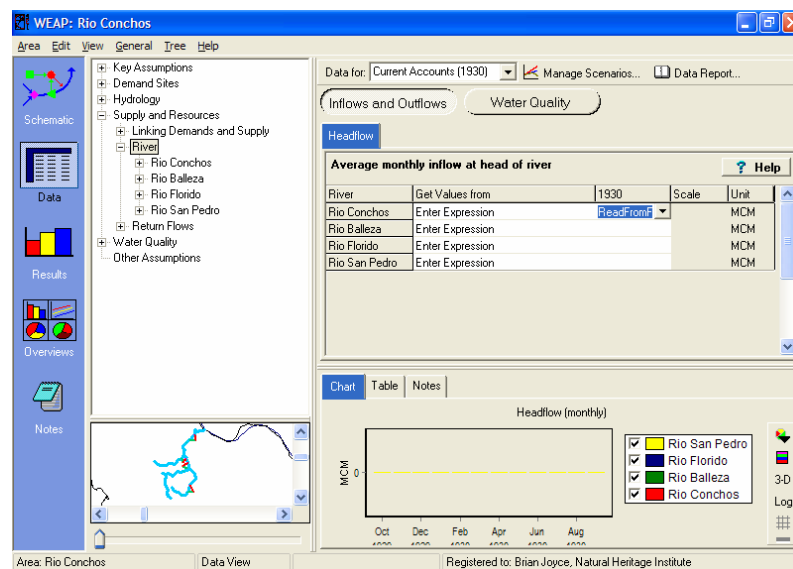
Name	Location in Rio Conchos Basin	FeatureID
Rio San Pedro at Villalba	Above Madero reservoir	2020100001
Rio Florido at Cd Jimenez	Below San Gabriel reservoir	2020100002
Rio Conchos at Las Burras	Below confluence of Rio Conchos and Rio San Pedro	2020100003
Rio Conchos at El Granero	At Luis L Leon dam	2020100004
Rio Conchos at Presa La Boquilla	At La Boquilla dam	2020100005
Rio Conchos at Ojinaga	At confluence of Rio Conchos and Rio Grande/Rio Bravo	2020100051

Flujos naturalizados tomados por TCEQ estan contenidos en la base de datos ArcHydrobinational llamado “TCEQ_NaturFlow_MontCMS”. Cada locacion esta definida por un identificador (Feature ID). Fechas de las observación esta definido por TSDatetime field. Valores de flujo por campos TSvalue. WEAP puede leer esta información desde MS Access. Escrito es asi,

ReadFromFile(DatabaseFilename, TableName, IDFieldName, IDValue, DateFieldName, ValueFieldName)

Para definir las cabezas de flujo de los rios vaya a “supply and resources / river”. Seleccione “expresión builder” para el Rio Conchos e ingrese lo siguiente:

ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, TCEQ_NaturFlows_MontCMS, FeatureID, 2020100005, TSDateTime, TSValue)

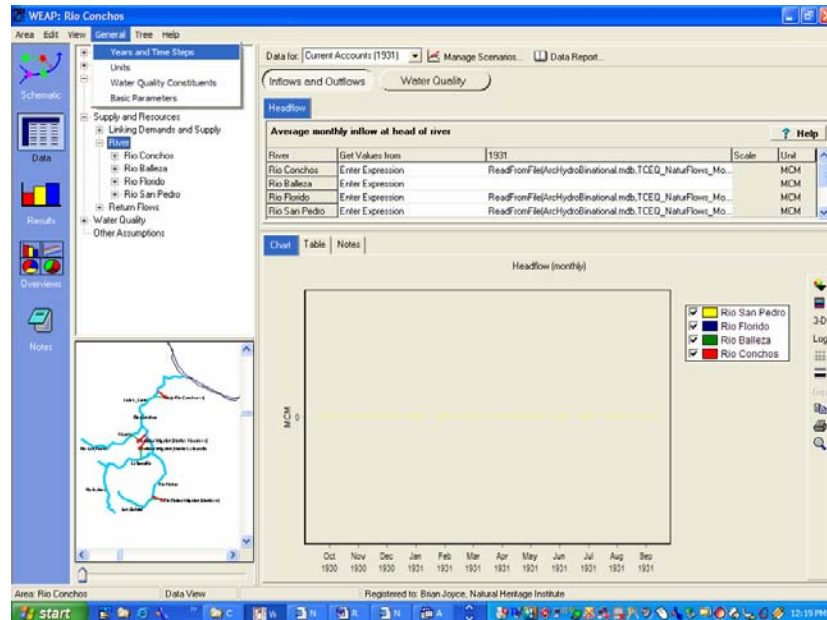


Repita este proceso para los otros dos rios reemplazando los identificadores correspondientes usando la tabla anterior.

3. Actualizar el periodo de la simulación

Cuando no hay datos para el flujo de cabeza, WEAP asume su valor como 0. TCEQ tiene datos desde 1940 hasta 1999, pero la simulación comienza en 1930 por loque hay valores asumidos como 0. Para modificar esto debemos actualizar el periodo para que

sea consistente con la información del TCEQ. Vaya a “general” en el menú principal y seleccione “Years and time steps”

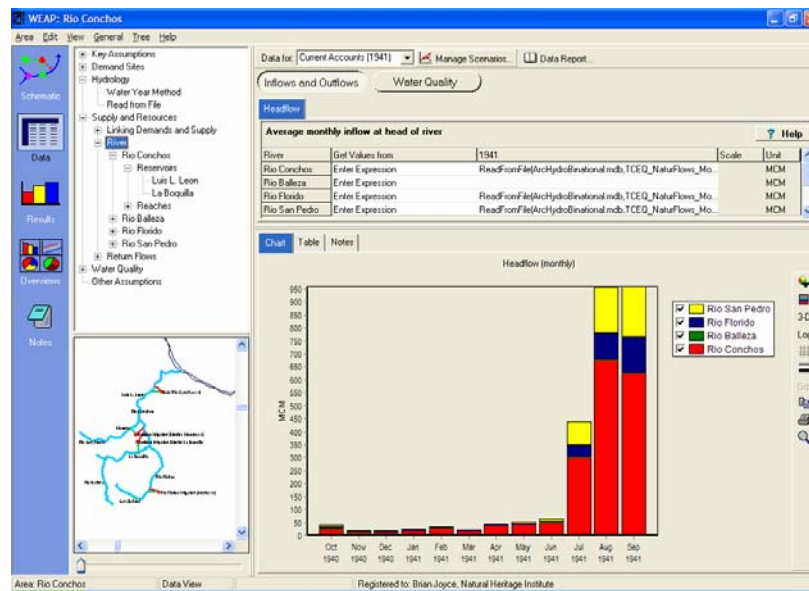


Continuaremos usando el año comenzando en octubre y finalizando en septiembre. Fijaremos el año actual a 1941 (current accounts). Fijemos el ultimo año a 1970 (para acortar el tiempo para correr el programa).

#	Title	Abbrev.	Length	Begins	Ends
1	October	Oct	31	Oct 1	Oct 31
2	November	Nov	30	Nov 1	Nov 30
3	December	Dec	31	Dec 1	Dec 31
4	January	Jan	31	Jan 1	Jan 31
5	February	Feb	28	Feb 1	Feb 28
6	March	Mar	31	Mar 1	Mar 31
7	April	Apr	30	Apr 1	Apr 30
8	May	May	31	May 1	May 31
9	June	Jun	30	Jun 1	Jun 30
10	July	Jul	31	Jul 1	Jul 31
11	August	Aug	31	Aug 1	Aug 31
12	September	Sep	30	Sep 1	Sep 30

The study period will run from October, 1940 to September, 1970.

El flujo de Cabeza para “current accounts” debe verse mas o menos asi,



4. Volver a correr el modelo

Corramos el programa para ver los resultados y como los nuevos flujos los afectan. Para empezar, haga clic en “results” y luego presione “yes”.

Vuelva a la pagina 12, la seccion “resultados finales”, para los pasos a seguir para ver los graficos y resultados.

¿Existen demandas no satisfechas? ¿Flujos afectados? ¿Existen flujos o suministros no contabilizados? ¿Cómo cambiarían los resultados si es que se incluyeran/modificaran?

MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Agregando demandas Urbanas



Natural
Heritage
Institute

Nota:

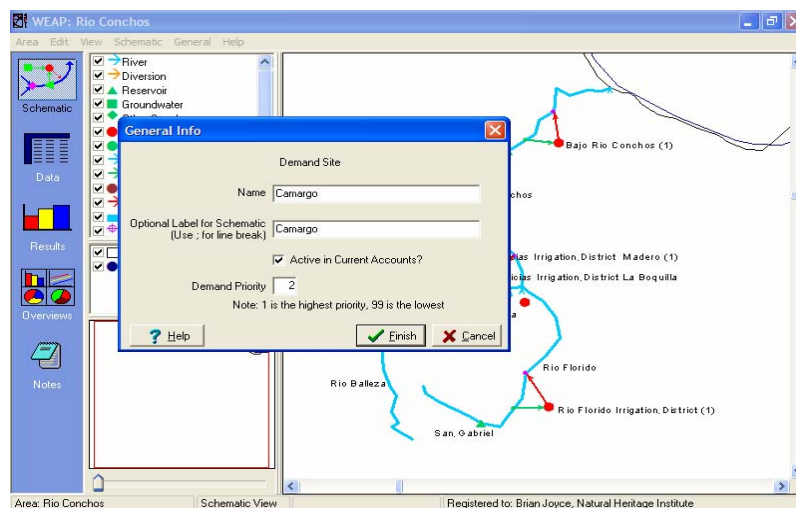
Para comenzar este modulo, abra “Rio Conchos” si aun no esta abierto. Vaya al menu principal y seleccione “Revert to Version” y escoja la version llamada “Starting Point for Rio Conchos Applications 3.”

RELACIONANDO DEMANDAS A RECURSOS/SUMINISTROS MULTIPLES

La versión actual del modelo solo considera demandas en agricultura dentro de la cuenca del Rio Conchos. Esto es razonable si se piensa que el riego utiliza la gran mayoría del agua superficial. El 90 % restante de los usuarios recibe aguas subterranas. De cualquier modo, demandas municipales superan 1000 mill. Metrs cubicos por año. En este ejercicio agregaremos demanda urbana el cual tendra acceso a aguas superficiales y subterranas.

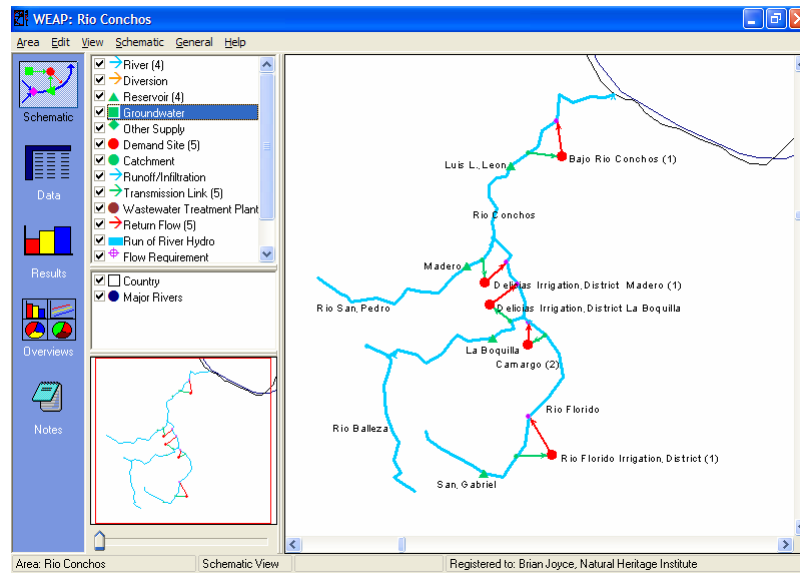
1. Crear un nuevo sitio de demanda

Ciudad Camargo esta localizado en la confluencia del Rio Florido y del Rio Conchos. La ciudad divierte agua del primer rio y bombea aguas desde la napa Camargo – Jiménez. Agreguemos esta ciudad arrastrando un nodo de demanda desde el símbolo de nodo en ambiente “schematic”. Nombrela “Camargo”.



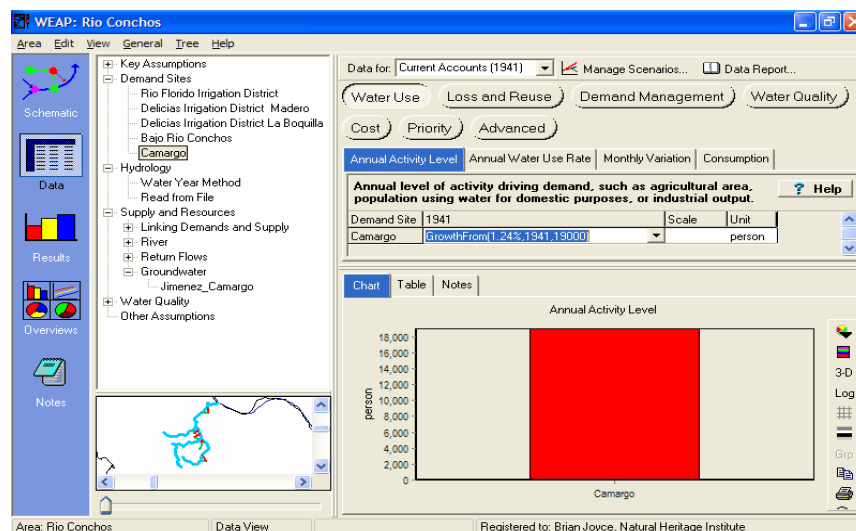
Asignele una prioridad de 2. Asumiremos que la demanda urbana es secundaria al agrícola.

Agregue una transmisión que divierte agua desde el Rio Florido. Dele a este suministro una prioridad de 1. Agregue un flujo de retorno regresando al rio justo antes de la confluencia de ambos rios. El esquema deberia verse asi,



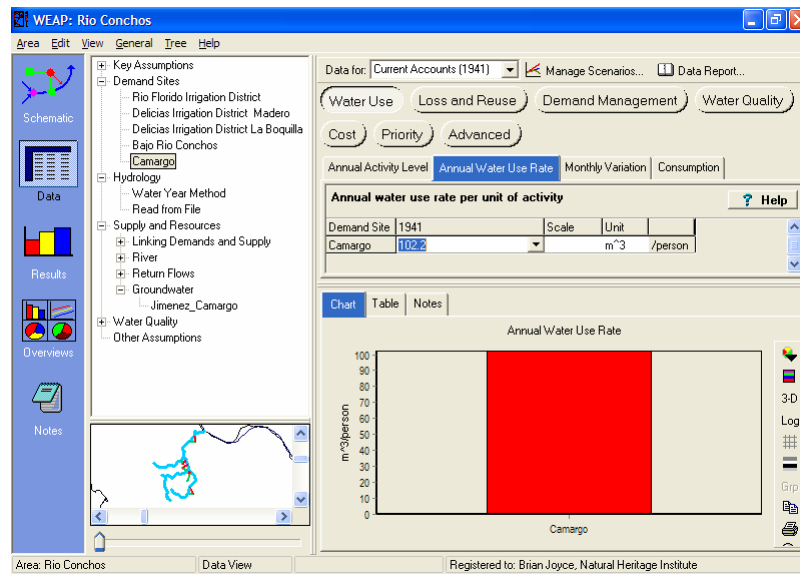
En el ambiente “Data”vaya al arbol y seleccione “demand sites / camargo”. Ahora definiremos un crecimiento en la población de la ciudad usando “annual activity level”. Fije las unidades en “personas”. Seleccione presionando sobre “expresión builder” e ingrese lo siguiente:

Growthfrom(1.24%,1941,19000)

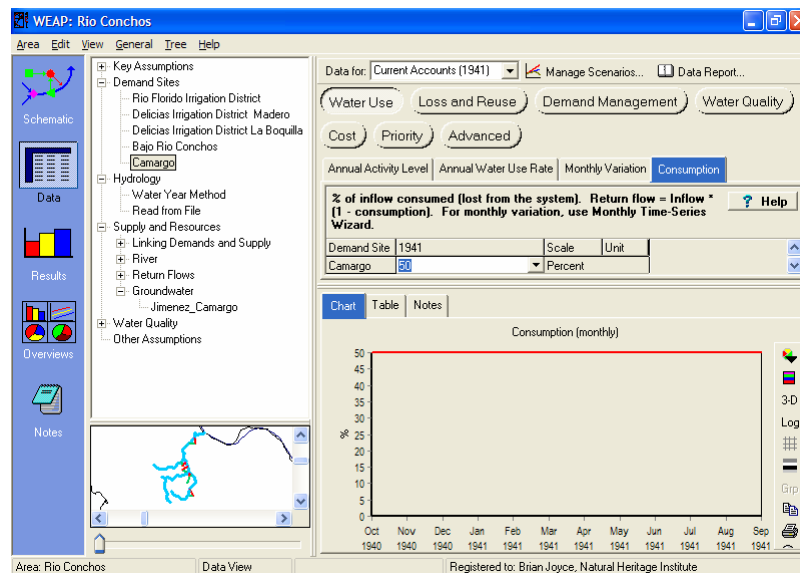


La funcion Growthfrom asume una poblaci3n inicial de 19.000 en 1941 y una tasa de crecimiento de 1.24% al a3o.

Seleccione “annual water use rate”. Las unidades deberan ser m3/person/year. Ingrese el valor 102.2.



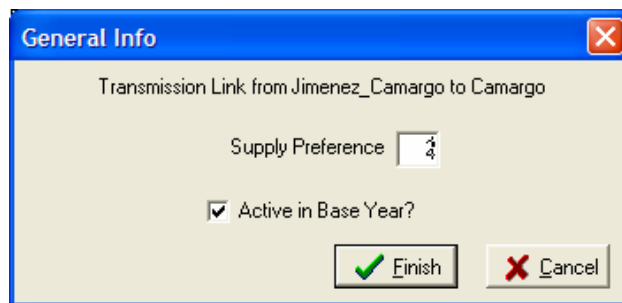
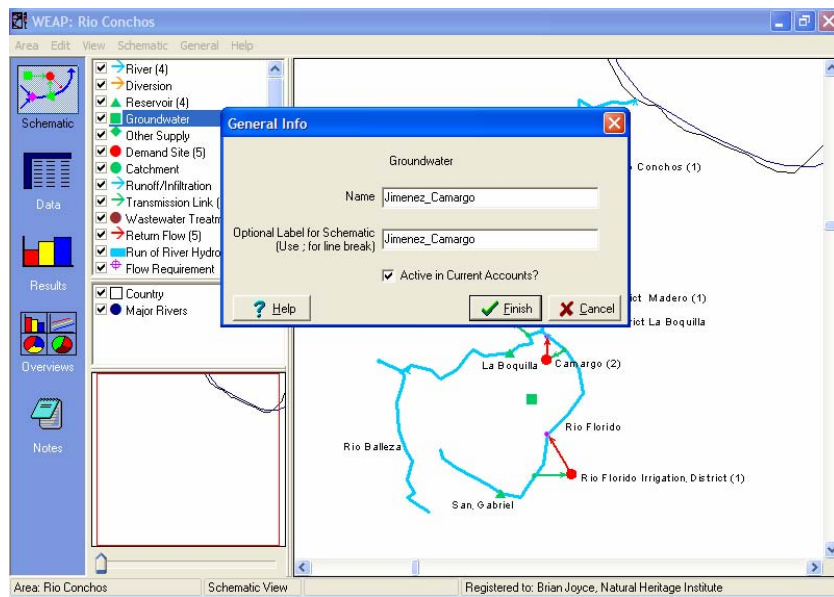
Seleccione “consumption”. Ingrese el valor 50. Asumiremos que un 50% del agua es dirigido a la ciudad. El resto es devuelto al rio.



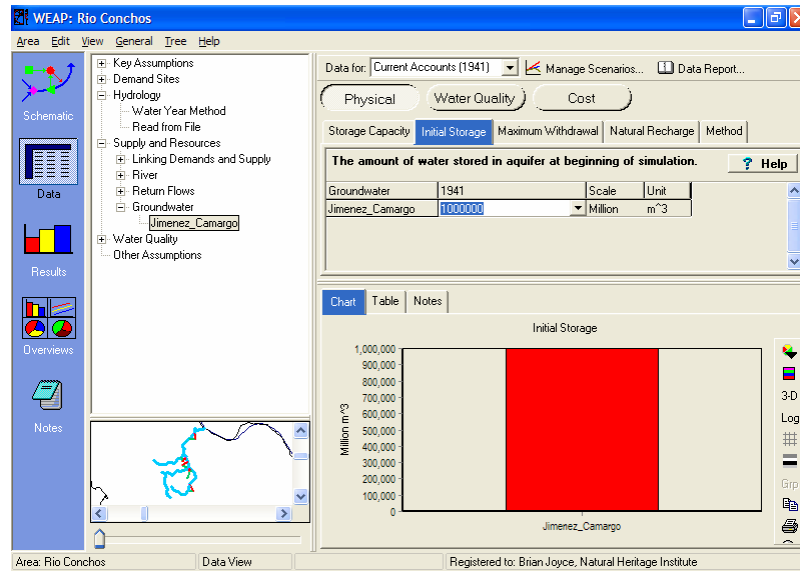
No cambiaremos las variaciones mensuales. WEAP asume los valores como constantes para cada día del año si no se especifica lo contrario.

2. Agregar suministros subterráneos

Agregaremos acceso a napas de agua para el suministro de la ciudad. Agregue el nodo arrastrando el símbolo de “groundwater” sobre el esquema o mapa. Nombrelo “Jiménez_camargo” una preferencia de 2.



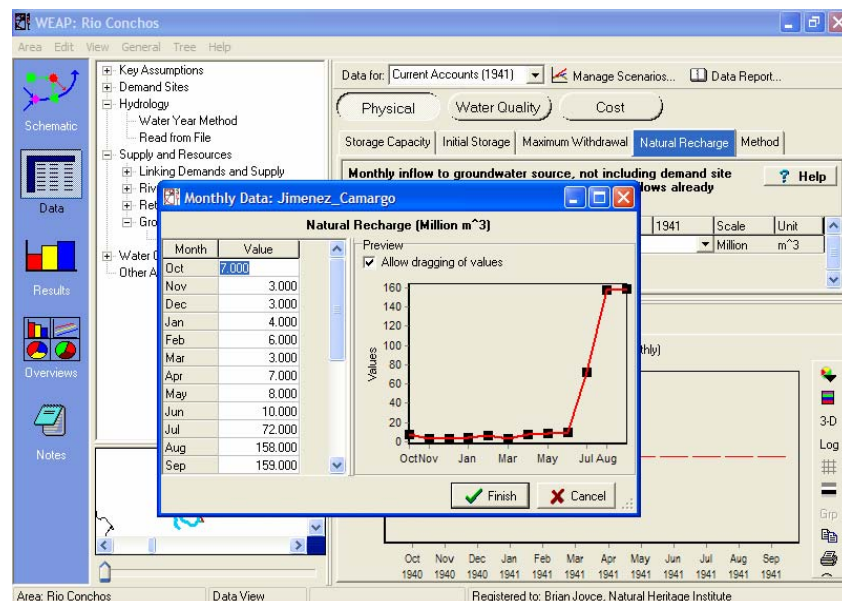
Definiremos las características físicas de la napa. Dentro de “Data”, vaya al árbol y seleccione “supply and resources / groundwater / Jiménez_camargo”. Seleccione “inicial storage”. Con unidades en mill. M3 ingrese el valor de 1.000.000.



Clic en “Natural recharge”. El CNA ha reportado que esta napa recibe 440 Mm³ de recarga natural de agua por año. Asumiremos por ahora que su recarga es similar al flujo de agua del Río Florido. Seleccione “monthly time series wizard” e ingrese lo siguiente:

Natural Recharge

- Oct: 7
- Nov: 3
- Dec: 3
- Jan: 4
- Feb: 6
- Mar: 3
- Apr: 7
- May: 8
- Jun: 10
- Jul: 72
- Aug: 158
- Sep: 159



No ingrese datos a la seccion “maximum withdrawal”. Asumiremos que no hay una capacidad maxima de bombeo.

3. Volver a correr el modelo

Vuelva a correr la simulación presionando en “results” y luego “yes”.

¿Qué paso con la capacidad de almacenamiento de la napa? ¿Por qué?

¿Cómo se veria afectado el almacenamiento si los suministros y prioridades cambian? ¿Cómo se vieron afectados los flujos y entregas de agua al riego y porque?

MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Desagregando las demandas de irrigacion



Natural
Heritage
Institute

Nota:

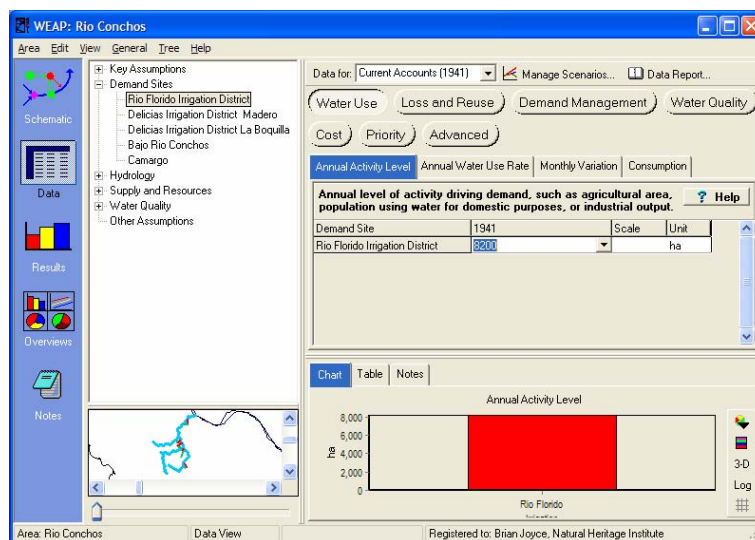
Para comenzar este modulo, abra “Rio Conchos” si aun no esta abierto. Vaya al menu principal y seleccione “Revert to Version” y escoja la version llamada “Starting Point for Rio Conchos Applications 4.”

DEFINIENDO AREAS DE RIEGO

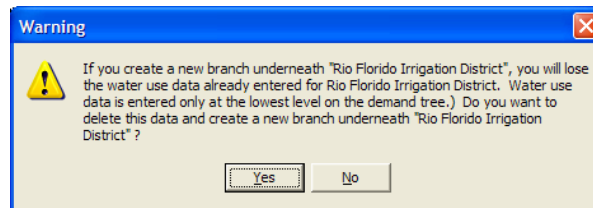
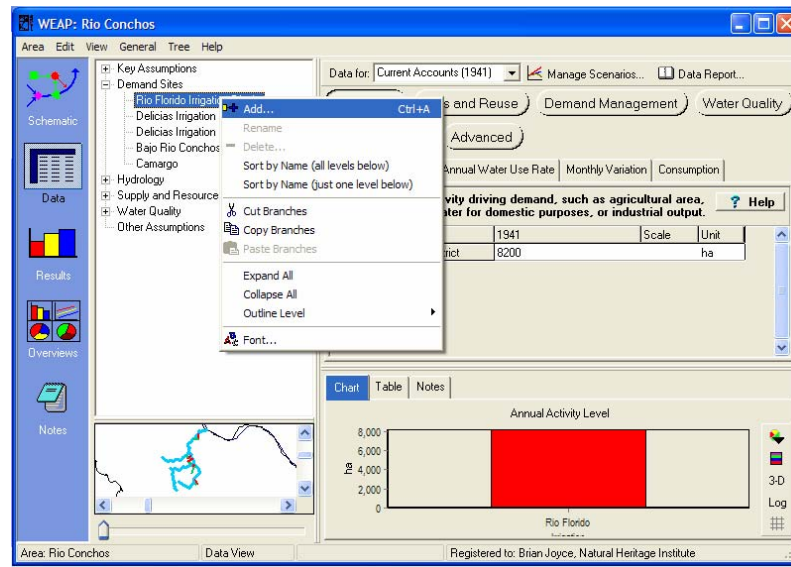
El modelo que hemos estado usando asume que la demanda total de agua y los patrones de esta demanda son constantes e iguales para los tres distritos de riego. En realidad sabemos que las cosechas cambian año a año. En este ejercicio expresaremos el distrito Rio Florido y sus demandas por agua en funcion de cinco tipos de uso de suelo, los que cambiaran dependiendo del volumen total anual de flujo a la reseva San Gabriel.

1. Reemplazar la demanda fija por una demanda basada en tipo de cosecha

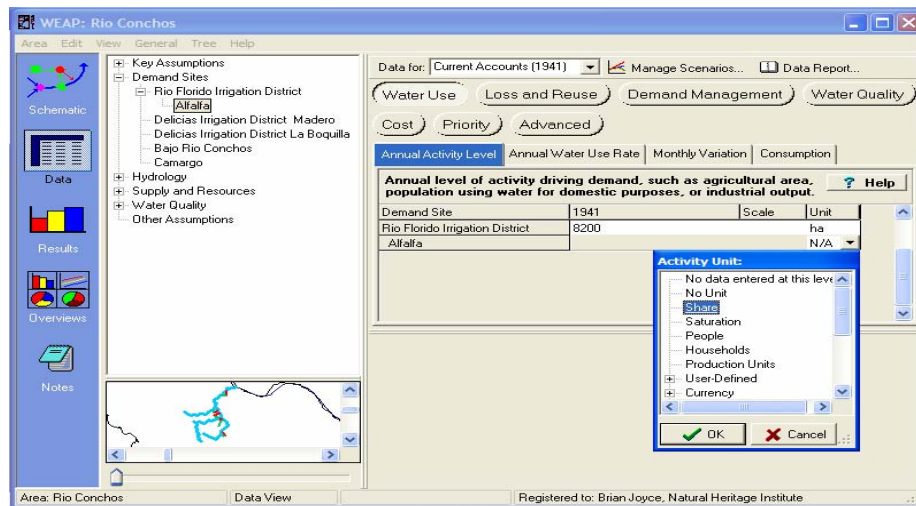
Mientras al patron de cosechas puede cambiar de año a año dentro del distrito de riego Rio Florido, asumiremos constante el total de suelo que se puede regar. Fijemos el area total. Seleccione “rio Florido irrigation district” dentro de “Data” y el arbol. Vaya a “Annual activity level” y fije la unidades en hectáreas e ingrese el valor 8200.



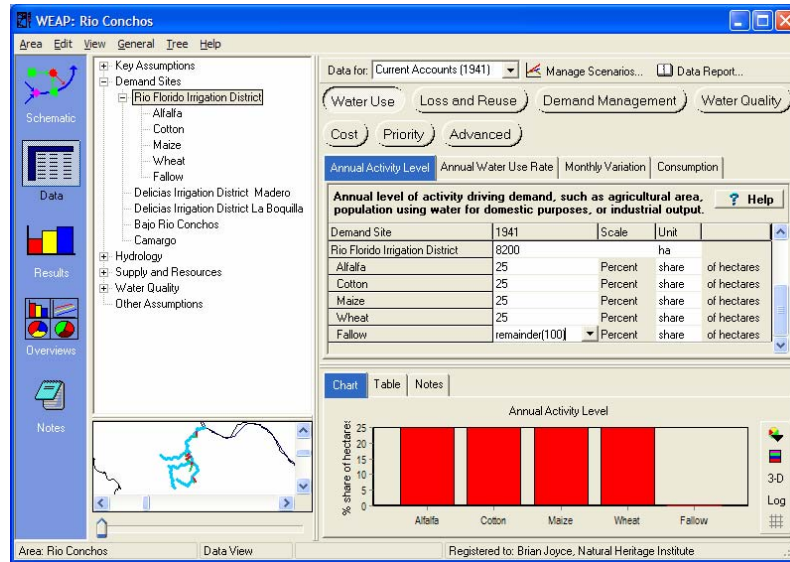
Agreguemos ahora los cinco tipos de uso de suelo. Seleccione “rio florido ID” desde el arbol de datos. Presione el boton derecho del mouse y seleccione “add”. Aparecera una advertencia que perdera la información ya contenida. No importa pues igual la modificaremos. Clic en “yes”.



Nombre la nueva rama “alfalfa”y las unidades como “share” (compartir),



Agregue cuatro ramas mas con nombres Cotton, Maite, Wheat y Fallow y unidades “share”. A cada tipo de cosecha asigne 25 y el resto a Fallow. Notara que se esta fijando el area de las cosechas a partes iguales. Usaremos esto como comparación al escenario con cosechas de patron variable.

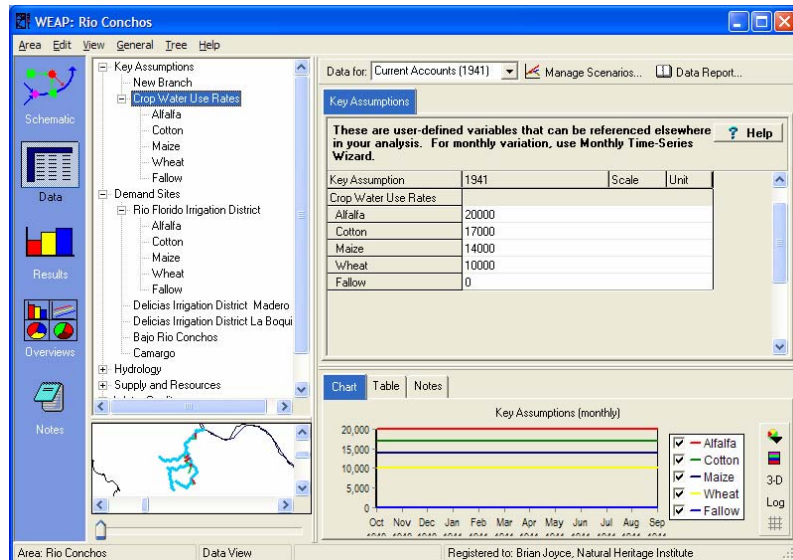


Agregue una nueva suposición clave (“key assumption”) llamada “crop water use rates”. Agregue cada uso de suelo bajo esta rama y asigne los siguientes valores. No se necesita especificar unidades,

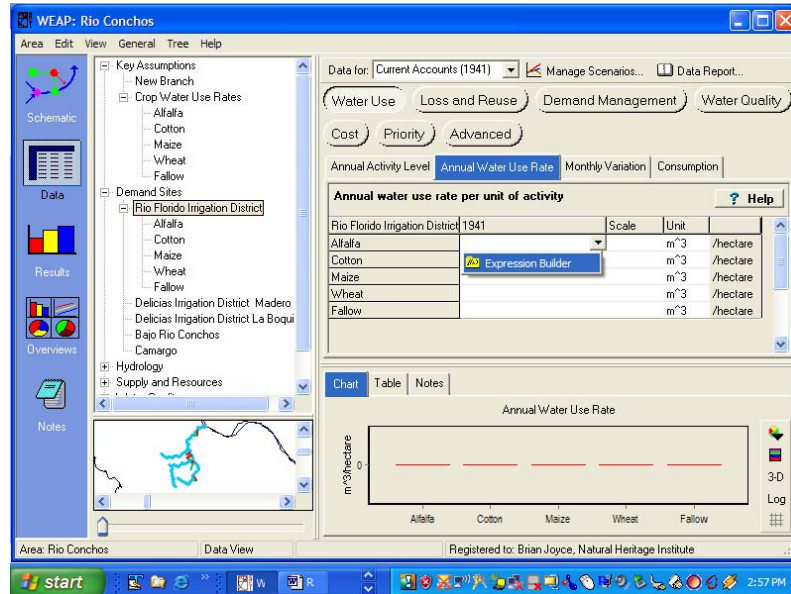
Crop Water Use Rate (m^3 /hectare)

Alfalfa	20000
Cotton	17000
Maize	14000
Wheat	10000
Fallow	0

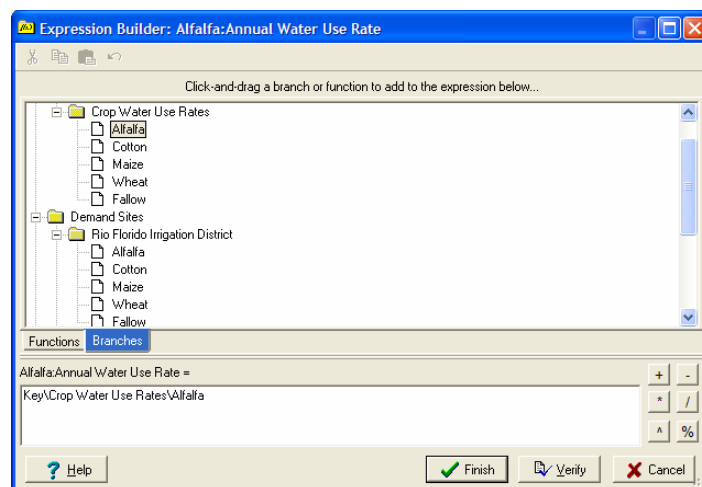
Nota: Estos numeros fueron escogidos para propósitos del ejercicio. Su intención es reflejar ambos, agua para cosecha y eficiencia de riego y proporción en uso de agua.



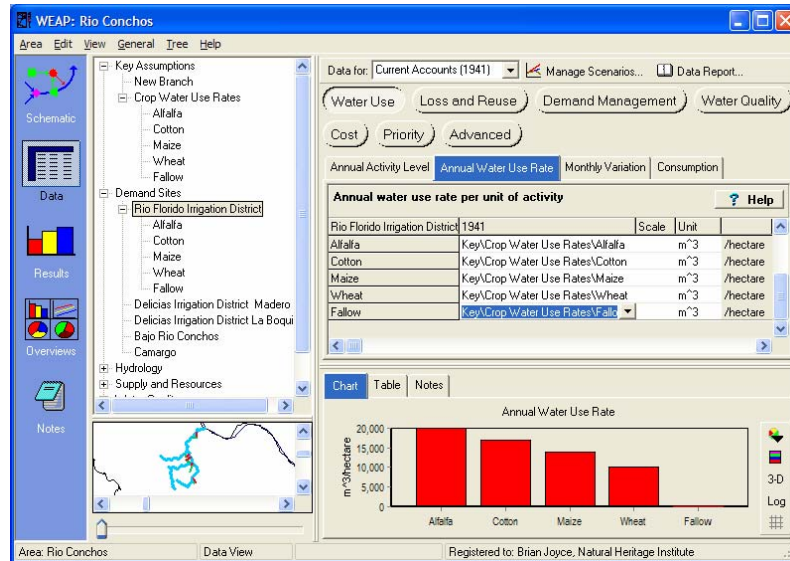
Ahora asignaremos a cada cosecha una tasa de uso de agua, las que definimos en la suposición clave, Regrese a Rio florido Irrigation District dentro del arbol de datos y seleccione “annual water use rates”. Escoja “expression builder” para la opcion alfalfa.



Clic en la rama “key assumptions / crop water use rates”. Arrastre esta opcion hasta el recuadro inferior y presione “finish”. Todo esto dentro de la ventana de “expression builder”.



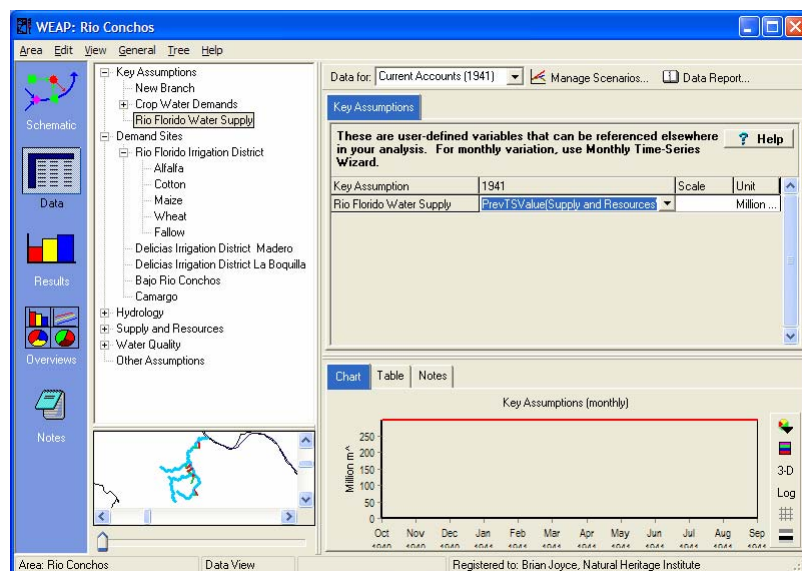
Repita esto para cada cosecha. Su pagina debera verse como lo que sigue,



2. Aplicar reglas para cambiar patrones de cosechas

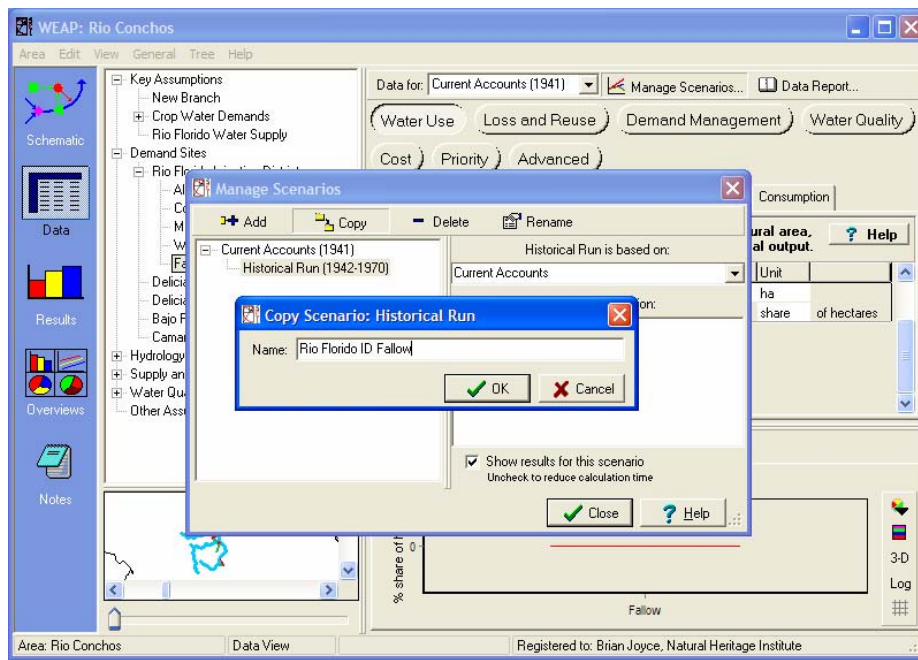
Vamos a agregar una variable que calcula el total anual de flujo de entrada a San Gabriel. Usaremos esto para determinar los patrones de cosecha dentro del distrito de riego Rio Florida. Vaya a “key assumptions” y agregue una rama llamada “Rio Florida water supply” Abra el “expression builder” e ingrese:

PrevTSValue(Supply and Resources\River\Rio Florida:Headflow,TS,TS-12,0)



El comando PrevTSValue es usado para referenciar valores previos desde una simulación actual. Se puede usar para mirar valores futuros asignando valores negativos como índices de tiempo. En este caso estamos sumando toda el agua durante el año para la cabeza de flujo de Rio Florido. El primer mes es TS=1 y el ultimo TS=12. Esto significa que podemos asesar el suministro anual antes de decidir en el patron de cosecha.

Queremos comparar resultados con patrones variables de cosecha y las que son constantes. Para hacer esto, necesitamos definir otro escenario antes de continuar. Vaya a “manage escenarios”. Haga una copia de la corrida historica y nombrela “Rio Florido ID Fallow”. Asegurese que la opcion “show results for this scenario” este chequeado. Clic en “ok”.



Seleccione “rio florido ID fallow” desde los campos de datos. Ahora editaremos solo lo concerniente a este escenario.

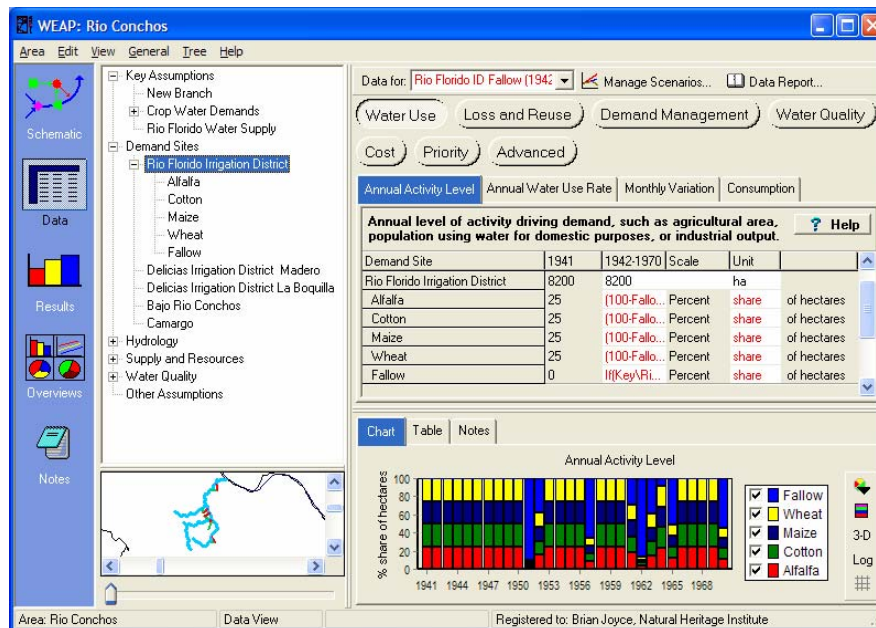
Vuelva a la rama Rio Florido Irrigation District. Seleccione “annual activity level”. Abra el “expression builder” para la opcion “fallow” y anote:

If(Key\Rio Florido Water Supply<150,100-100(Key\Rio Florido Water Supply)/150,0)*

Esta expresión dice que si el total anual de flujo a San Gabriel es menor a 150 Mm³, entonces se incrementara el area para tierras sin cultivar (“fallow”) en un valor proporcional al total de flujo de entrada. Por ejemplo, si solo entran 100 Mm³, entonces se dejara 1/3 de la superficie sin cultivos (“fallow”).

Asumiremos que el resto de la tierra es distribuido equitativamente ente los otros cuatro usos. Para cada rama abra el “expression builder e ingrese lo siguiente:

$$(100 - \text{fallow}) / 4$$



Note que todos los datos ingresados estan en rojo lo que significa que es información pertinente solo a este escenario.

3. Vuelva a correr el modelo

Corra la simulación para ver los cambios y como actuan los patrones de cosecha. Clic en “results” y luego en “yes”.



Se puede ver que la superficie sin cultivar (fallow) en años secos reduce la demanda no satisfecha del Rio Florida.

MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Modelacion de luvias y perdida de aguas luvias y localizacion de recurso aguas



Natural
Heritage
Institute

Nota:

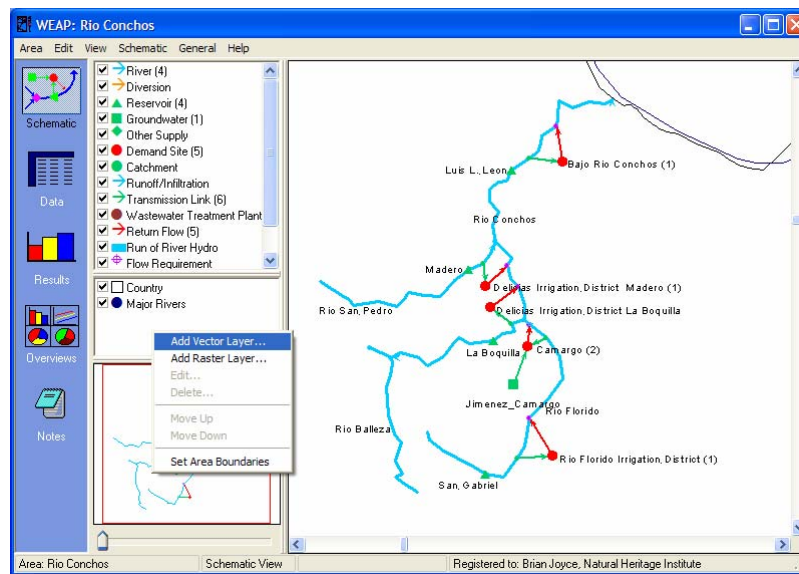
Para comenzar este modulo, abra “Rio Conchos” si aun no esta abierto. Vaya al menu principal y seleccione “Revert to Version” y escoja la version llamada “Starting Point for Rio Conchos Applications 5.”

CREANDO UNA CAPTACION

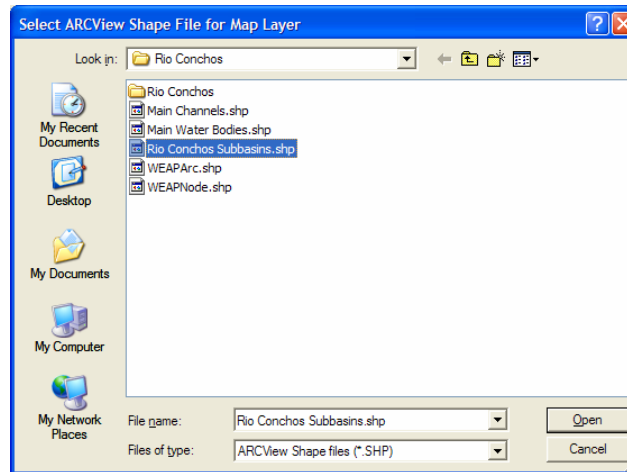
El tiempo y la cantidad de una reserva de agua y sus flujos, determinan la disponibilidad de agua para riego y uso municipal. Hemos asignado flujos hacia reservas basados en datos historicos bajo un analisis externo. Este metodo funciona bien para una calibración de parámetros, pero cuando consideramos escenarios futuros no se puede confiar ciegamente en esa información. Cambiando el uso de suelo y nuevos patrones en la temperatura y precipitación influirán en la distribución de la lluvia entre infiltración, evapotranspiración y pérdidas de agua por escurrimiento. En este ejercicio reemplazaremos datos predefinidos para los flujos de cabeza por una rutina de escurrimiento de aguas lluvia en el Rio Florido.

1. Agregar un archivo de captación al esquema

La cuenca del Rio Conchos ha sido dividida en varias captaciones. Estas captaciones son generalmente definidos por areas aguas arriba desde un punto de interes o significativo. Agregue un archivo GIS shapefile mostrando el Rio Conchos y sus captaciones haciendo clic en el boton derecho del mouse en la ventana media en ambiente “schematics” y luego seleccionando “add a vector layer”.

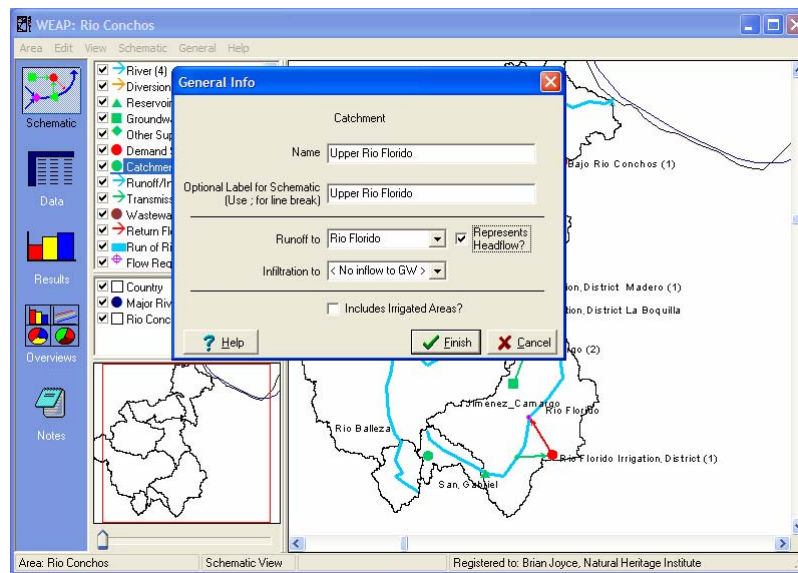


En la ventana de selección, navegue hasta el directorio “rio conchos” (C:\program files\WEAP21\rio conchos) y escoja “rio conchos subbasins.shp”.

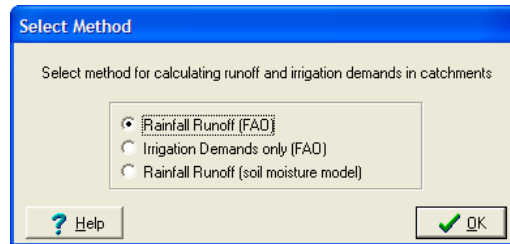


2. Agregar un nodo de captación

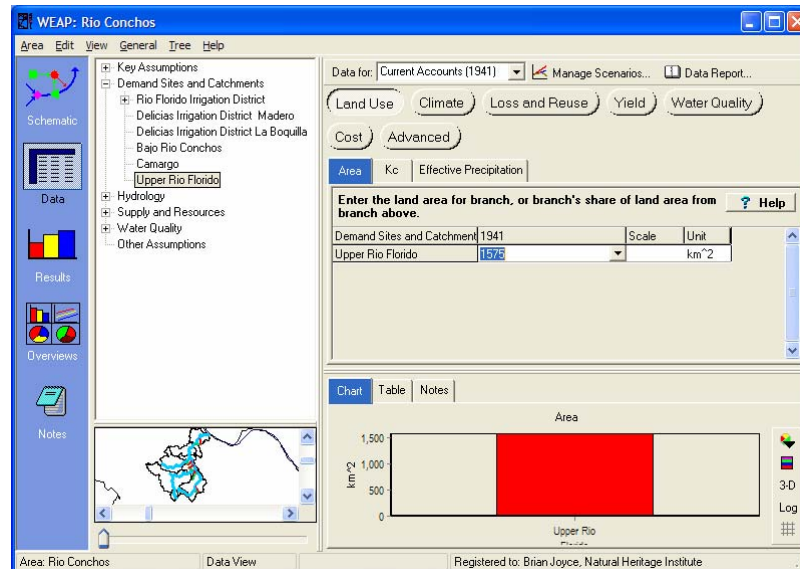
En “schematic”, arrastre un nodo de captación (vaya al símbolo de captación). Suelte en una posición aguas arriba de San Gabriel sobre el Rio Florido. Nombrela “upper rio florido”. Seleccione Rio Florido dentro del campo “runoff to” y marque la opcion “represents headflow”. Esto reemplazara el formato “readfromfile” que se habia usado en ejercicios anteriores.



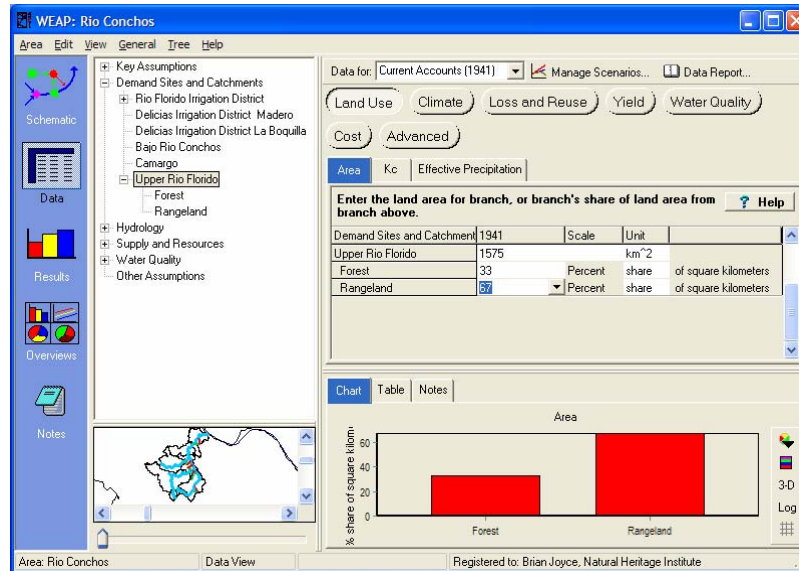
Ingresaremos datos al nodo de captación. Vaya a “Data”. Seleccione “upper rio florido”. Seleccione FAO rainfall runoff method cuando aparezca.



Seleccione el boton “Land use”. Fije las unidades en km2 e ingrese el valor 1575 en la barra.



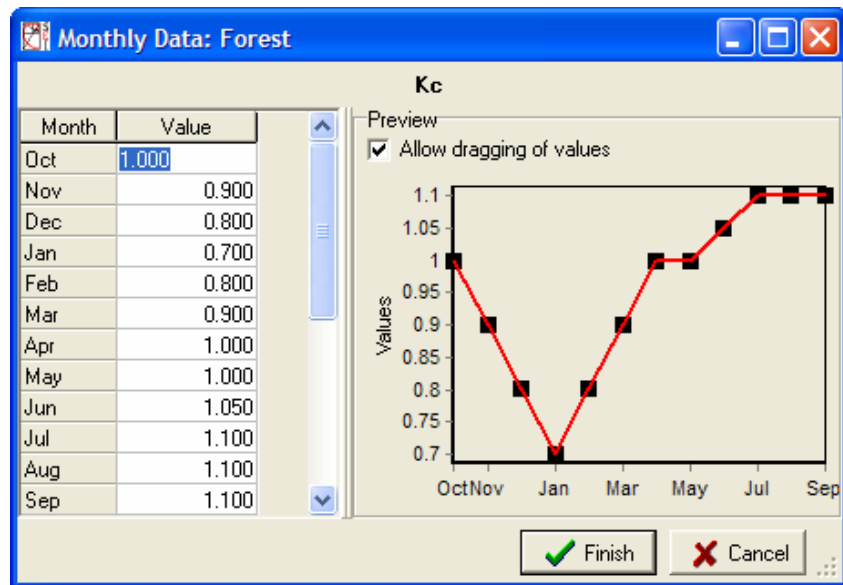
Agregue dos nuevas ramas bajo “upper rio florido”. Nombrelas “forest” y “rangeland”. En la carpeta “AREA” asigne a “forest” un 33% y a “rangeland” un 67%.

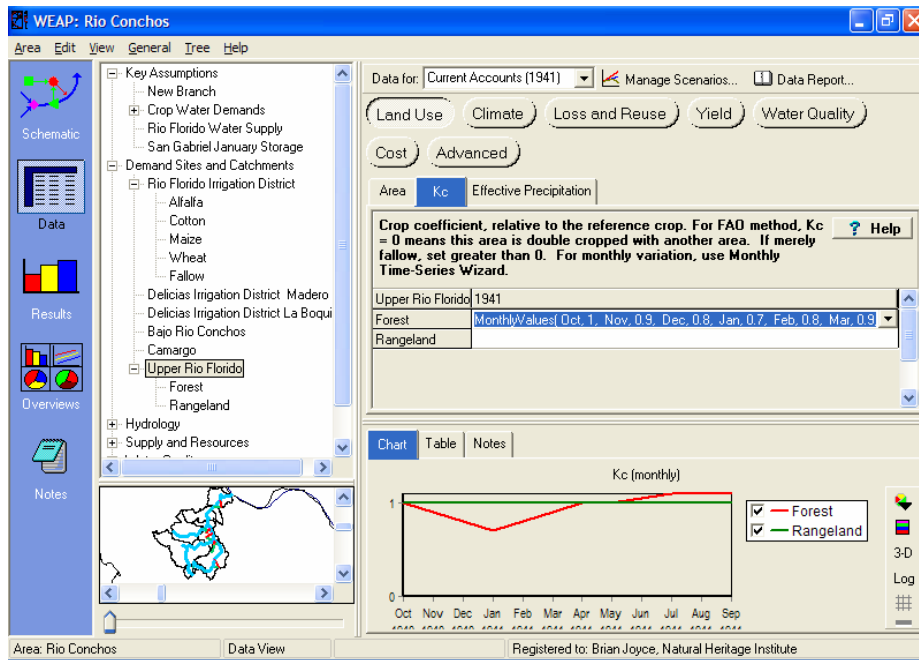


Ahora asignaremos evapotranspiración (ET) las cosechas. Clic en “Kc”. Por defecto aparecerá el valor 1 para todos los meses. Usaremos ese valor para “rangeland”. Ingrese los datos para “forest” seleccionando “expression builder”,

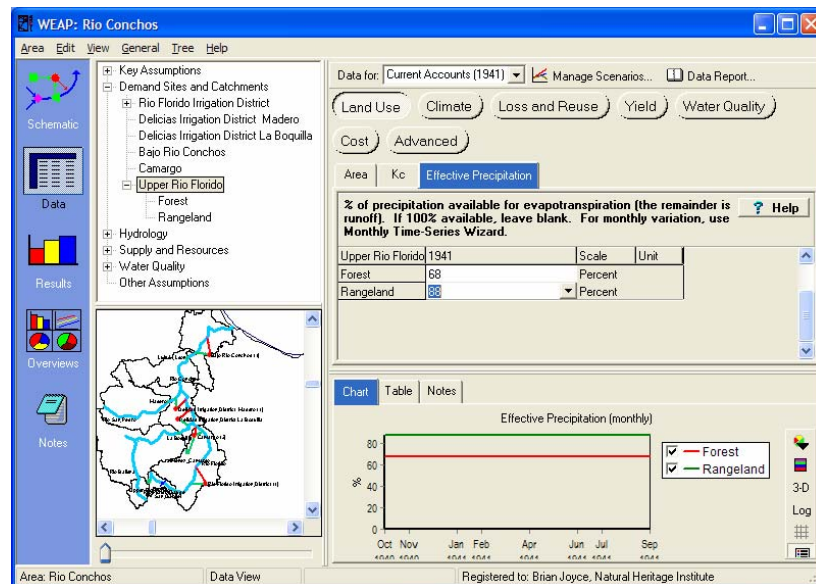
Forest Kc

- Oct: 1.0
- Nov: 0.9
- Dec: 0.8
- Jan: 0.7
- Feb: 0.8
- Mar: 0.9
- Apr: 1.0
- May: 1.0
- Jun: 1.05
- Jul: 1.1
- Aug: 1.1
- Sep: 1.1



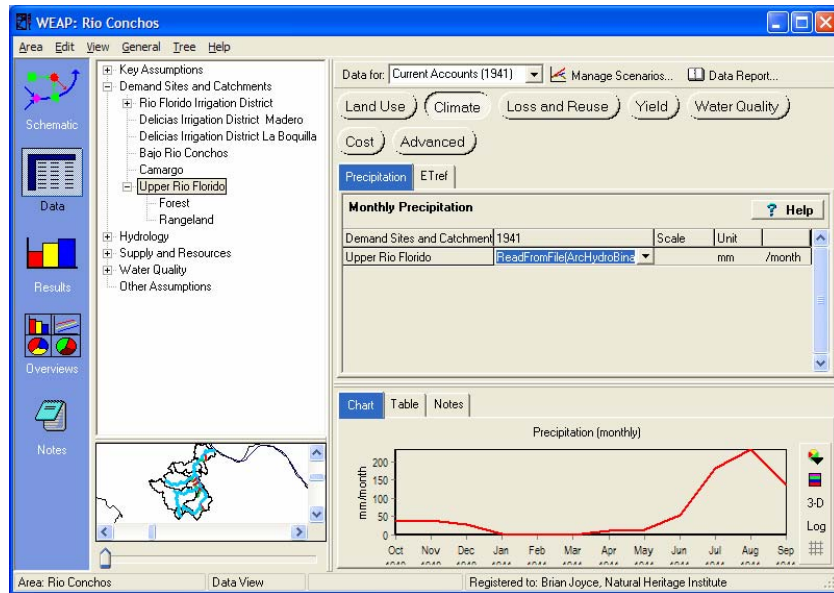


Fijaremos el porcentaje de precipitación (lluvia – rainfall) disponible para la evapotranspiración. Dejando en blanco el campo el programa asume que toda la lluvia puede perderse a la atmósfera. Clic en “effective precipitation”. Ingrese el valor de 68 % para “forest” y 88% para “rangeland”.



Ahora ingresaremos datos climáticos para ser usado en aguas lluvias y en pérdidas de aguas lluvias hacia el Rio Florida. Vaya y presione sobre el botón de clima “climate”. En la carpeta de “precipitation” ingrese en la barra lo siguiente:

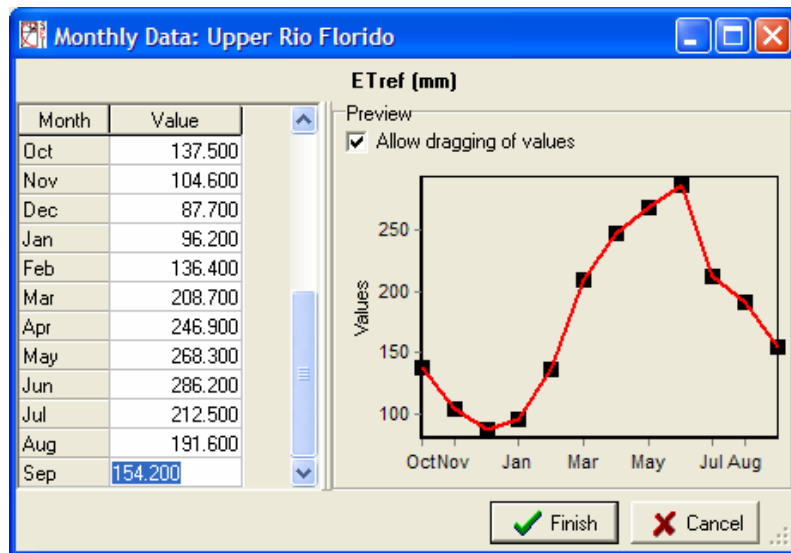
ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, Mexico_TimeSeries_RioFlorida, FeatureID, 2020800006, TSDatetime, TSValue)



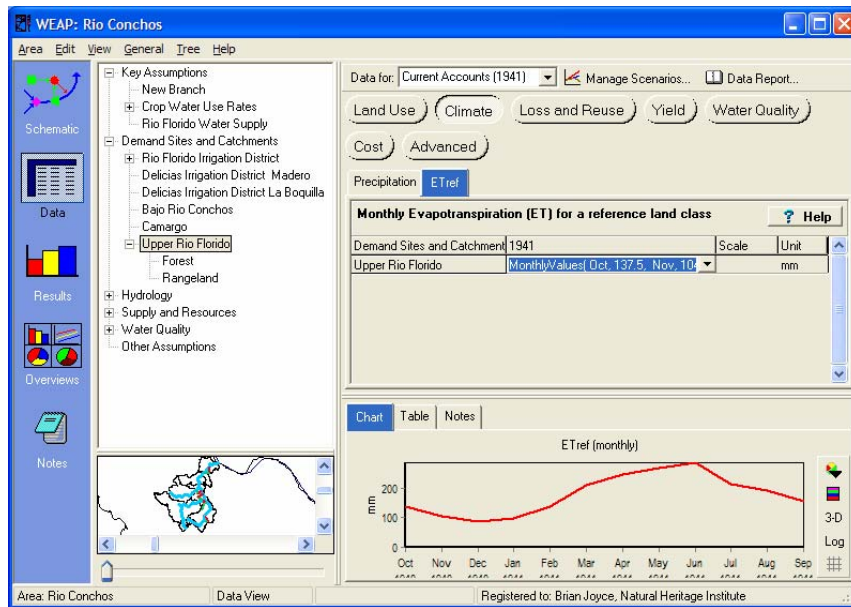
Clic on “ETref”. Fije las unidades en mm. Abra “monthly time series wizard” e ingrese los datos:

Reference ET (mm)

- Oct:	137.5
- Nov:	104.6
- Dec:	87.7
- Jan:	96.2
- Feb:	136.4
- Mar:	208.7
- Apr:	246.9
- May:	268.3
- Jun:	286.2
- Jul:	212.5
- Aug:	191.6
- Sep:	154.2

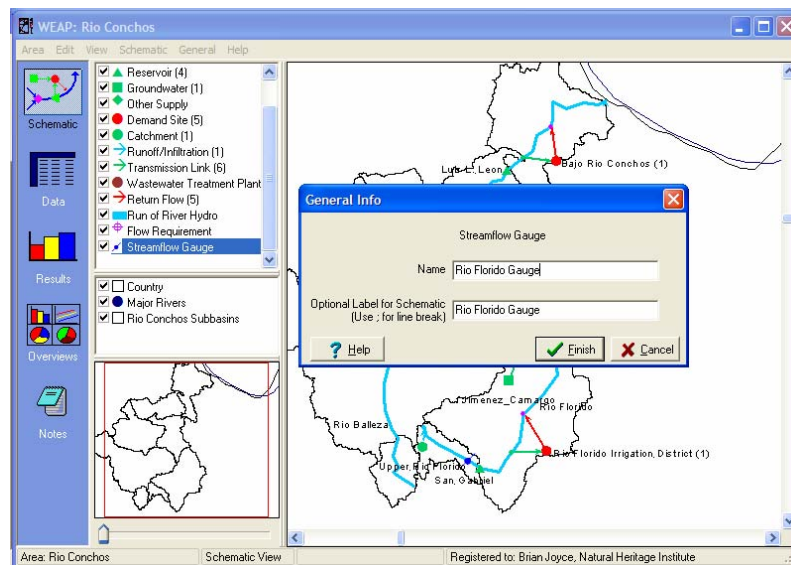


Nota: estos valores son promedios mensuales para el periodo Agosto 1956 a Diciembre 1984.



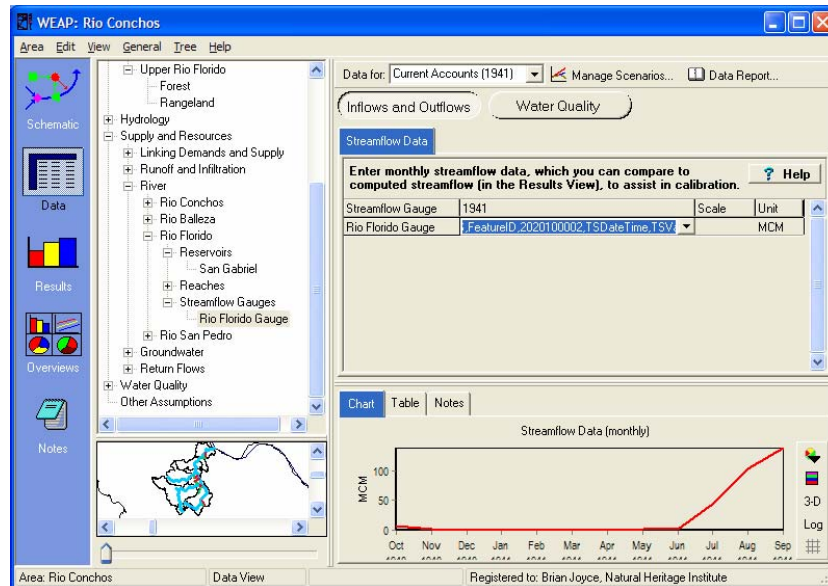
3. Agregar un monitor de flujo

Monitores de flujo se pueden agregar en WEAP como referencias para los resultados del modelo. Son útiles durante la calibración. Agregaremos un monitor en el Rio Florido para verificar el desempeño de la rutina “rainfall-runoff FAO”. Arrastre un punto de monitoreo desde la ventana de elementos y ubíquelo sobre el Rio Florido aguas arriba de la reserva San Gabriel. Nombrelo “rio florido gauge”.



Usaremos la misma información que se uso previamente como “Rio Florido Headflow”. En el arbol de datos, vaya a “supply and resources / river / Rio Florido / streamflow gauges”. Ingrese la siguiente expresión en la celda,

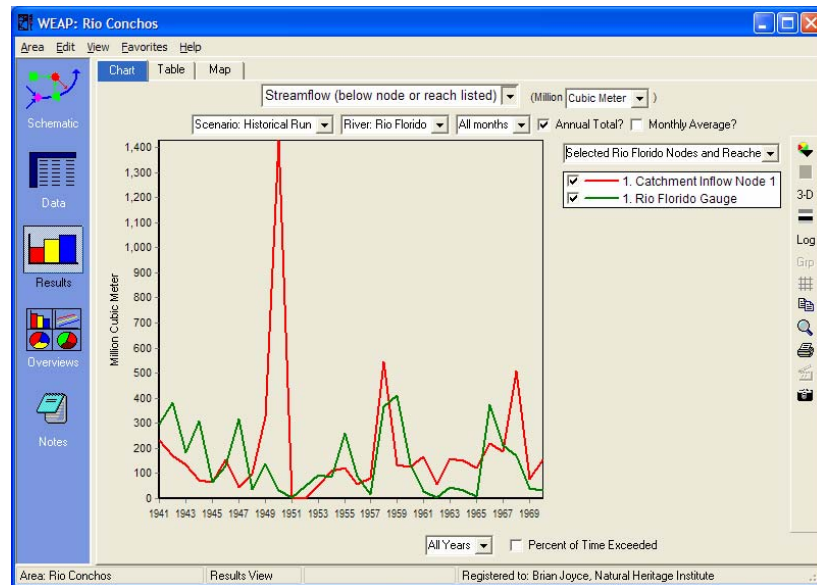
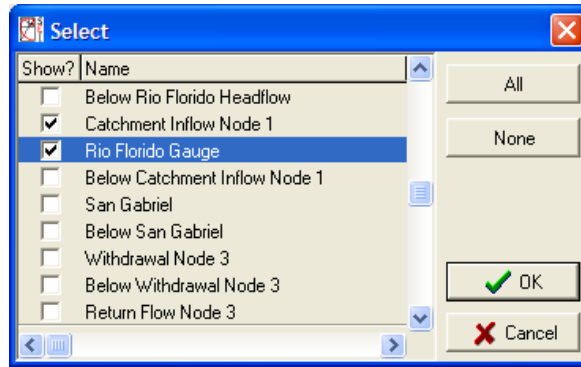
ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, TCEQ_NaturFlows_MontCMS, FeatureID, 2020100002, TSDatetime, TSValue)



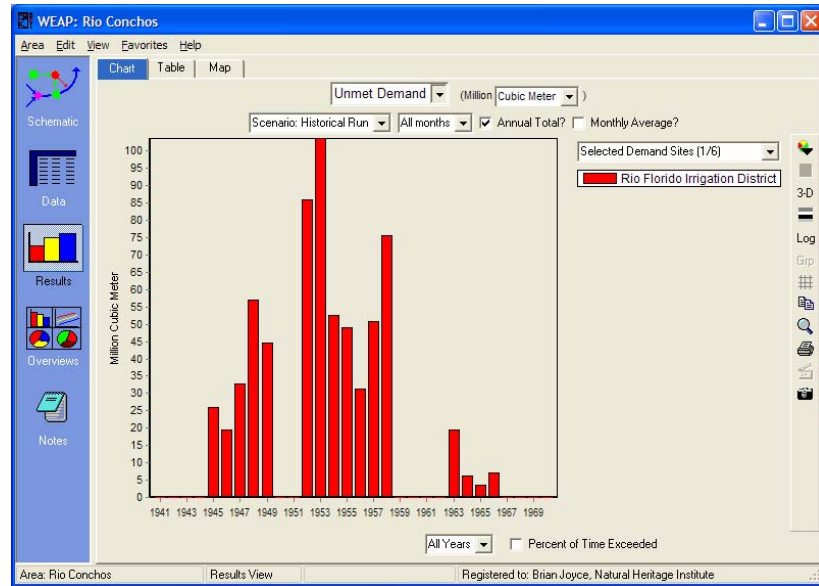
4. Volver a correr el modelo

Vuelva a correr el modelo para ver como implementando “lluvias y perdidas de aguas lluvias” (rainfall – runoff) FAO ha cambiado nuestros resultados. Presione sobre la opcion “results” a la izquierda de la pantalla principal y luego “yes” en la ventana que aparecera.

Veamos primero la modelacion “streamflow” para Rio Florido y sobre la reserva San Gabriel. Seleccione “supply and resources / river / streamflow” y haga clic en “annual total”. Del menu en la parte derecha de la pantalla, escoja “selected Rio Florido Nodes and Reaches”. Para comparar lo modelado para flujos y datos naturalizados del TCEQ escoja las dos ubicaciones que siguen:



Observe las demandas no satisfechas (unmet demands) para el Rio Florido. Refierase a los resultados previos en la pagina 37, al final de la seccion Demandas de riego desagregadas (Disaggregating irrigation demands). ¿Como afecto el modelo de perdida de agua lluvia (runoff) a la demanda no satisfecha?



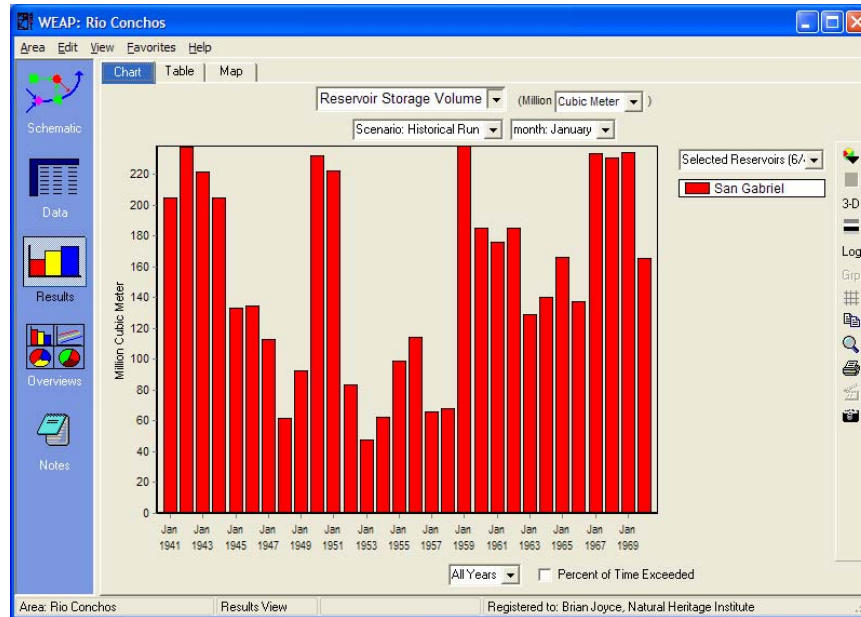
ASIGNACION / DISTRIBUCION DE SUMINISTRO

Usando el metodo “FAO rainfall runoff” para representar el Rio Florido y sus flujos de cabeza ha alterado drásticamente lo flujos sobre San Gabriel. Claramente un refinamiento del modelo sera necesario para hacerlo util en un contexto de manejo de recursos hidrológicos y de la cuenca misma. Antes de comenzar a calibrar el modelo, analicemos el impacto sobre el modelo actual.

En el capítulo previo, nosotros creamos un guión que varió “Rio Florido ID” y sus patrones de cosecha en respuesta a cambios anuales en el abastecimiento de agua. Este enfoque valoró los suministros que utilizan un pronosticar perfecto de flujos para determinar afluencia anual total de agua hacia la reserva San Gabriel. Un enfoque más común para asignar agua a la agricultura deberá hacer una determinación de la disponibilidad de agua en el tiempo de plantar basado sobre almacenamientos actuales de depósito. En este ejercicio, nosotros actualizaremos nuestro escenario para evaluar los suministros de agua de Rio Florido basados sobre el almacenamiento de depósito en el principio de la época de cultivo (1º febrero).

El gráfico siguiente es tomado de nuestro modelo previo. Este gráfico muestra el fin de enero los niveles de almacenamiento de depósito para San Gabriel. Comparando

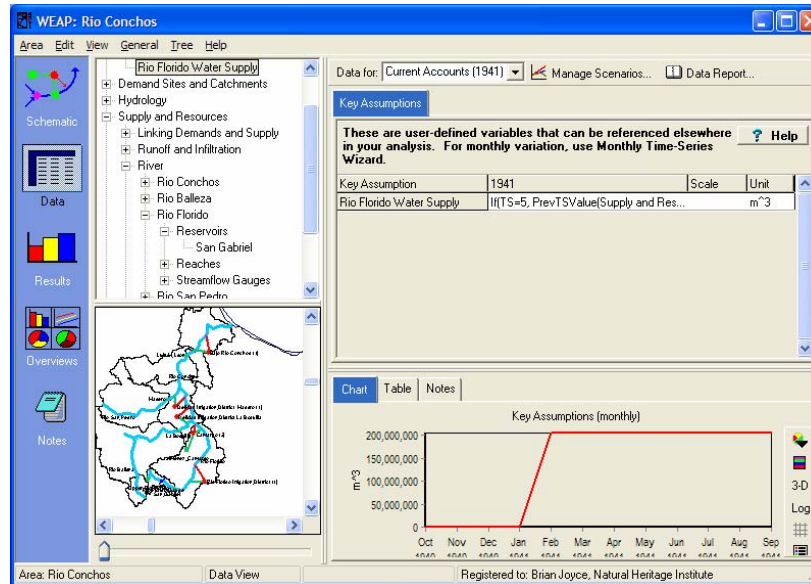
este gráfico al Rio Florido y las demandas no satisfechas, aparece escaseces de almacenamientos ocurren cuando San Gabriel tiene almacenamientos menores de 140 Mm3 en el principio de la época de cultivo. Utilizaremos esta información para crear las reglas para cosechar y las correspondientes toma de decisiones.



5. Actualizacion del calculo de suministro de agua para Rio Florido

En la rama de “key assumptions” seleccione “rio florido water supply”. Ingrese la siguiente expresión en la celda de datos:

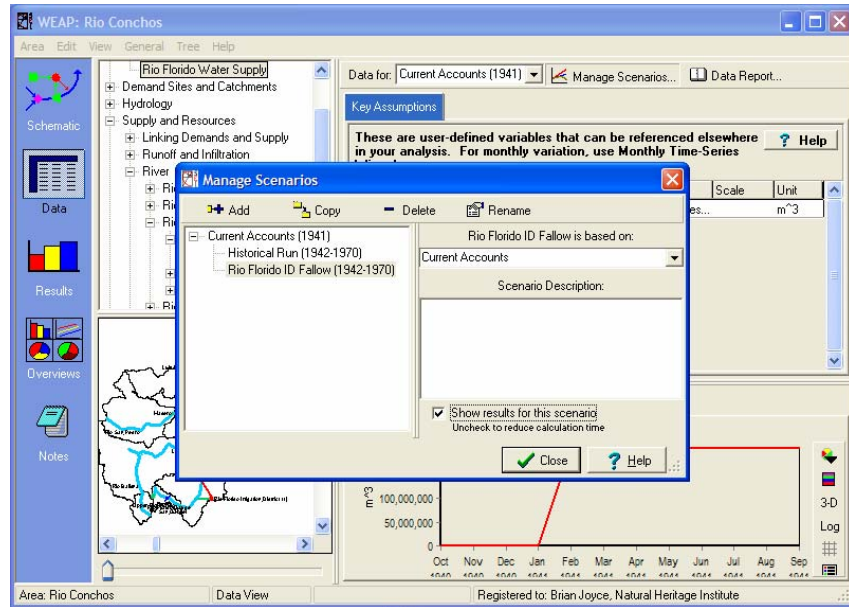
If(TS=5, PrevTSValue(Supply and Resources \ River \ Rio Florido \ Reservoirs \ San Gabriel: Storage Volume), If(and(TS<5, Y=1941), 0, PrevTSValue(Rio Florido Water Supply)))



Esta expresion actualiza abastecimiento de agua de Rio Florido en febrero ($T = 5$) y mantiene constante hasta el febrero siguiente. Nosotros ahora negaremos las afluencias pronosticadas y asumiremos que esos suministros de agua de Rio Florido pueden ser aproximados valorando el almacenamiento de agua de principio de año en la reserva San Gabriel.

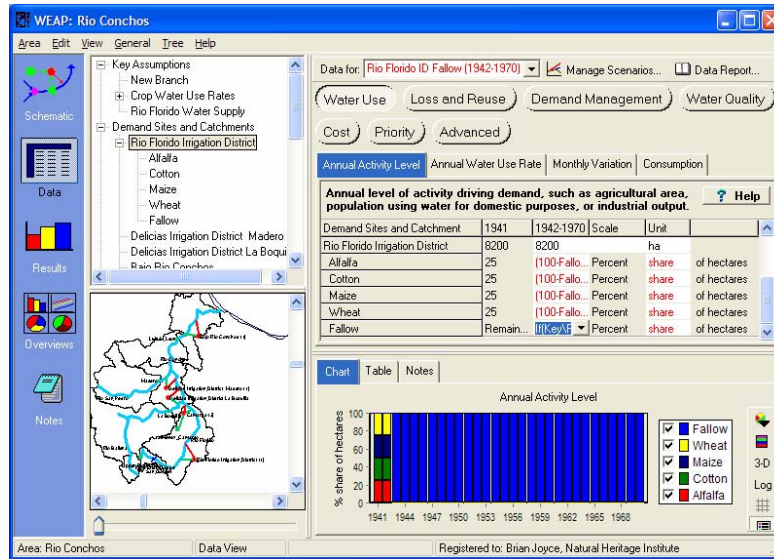
6. Activar el escenario

El escenario que creamos en el último capítulo para mirar cambios en patrones de cosecha no era activo en el modelo previo. Este es el escenario que utilizaremos para mirar los suministros de agua que se asignan. Reactivemos el escenario. Haga clic en “manage Scenarios” y escoja “Rio Florido ID Fallow scenario”. Haga clic el botón de la radio abajo a la derecha, junto a “Show results for the scenario”. Clic OK



En el último capítulo nosotros definimos un umbral de abastecimiento de agua debajo del cuál tierra agrícola se dejó sin cultivar (“fallow”). Esto se basó sobre afluencias anuales hacia la reserva. Actualizaremos este umbral basado sobre el almacenamiento de agua de fin de enero en San Gabriel. Asumiremos que tierra sin cultivar se aumenta en proporción al déficit de almacenamiento de agua, definido como la cantidad de almacenamiento de depósito de fin de enero debajo de 140 Mm3. Cambie a Rio Florido ID fallow en el escenario en “Data” para la ventana. En el Arbol de Datos, vaya a “Demand sites and catchments / rio Florido irrigation district”. En la barra de la entrada de datos para “fallow” escriba la expresión siguiente:

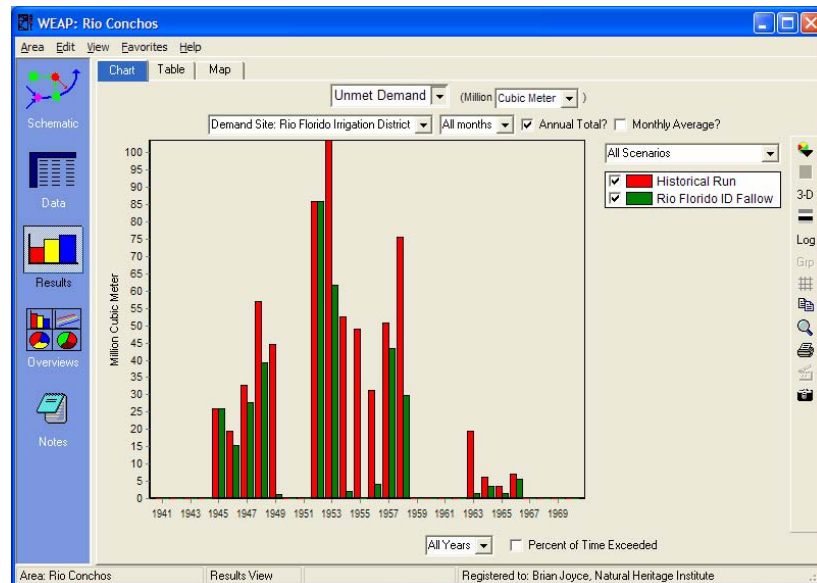
*If(Key\Rio Florido Water Supply < 140000000, 100 - 100 * (Key\Rio Florido Water Supply) / 140000000, 0)*



7. Volver a correr el modelo

Vuelva a correr el modelo para ver como cambiando patrones de cosecha basados en almacenamiento de agua cambia nuestros resultados. Presione sobre la opcion “results” a la izquierda de la pantalla principal y luego “yes” en la ventana que aparecera.

Observe las demandas no satisfechas (unmet demands) para el Rio Florida. Note que no hemos mejorado las entregas de agua para todos los años. ¿Por qué? ¿Qué podriamos hacer para reducir la demanda no satisfecha?



MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Modelando ET demandas de irrigacion



Natural
Heritage
Institute

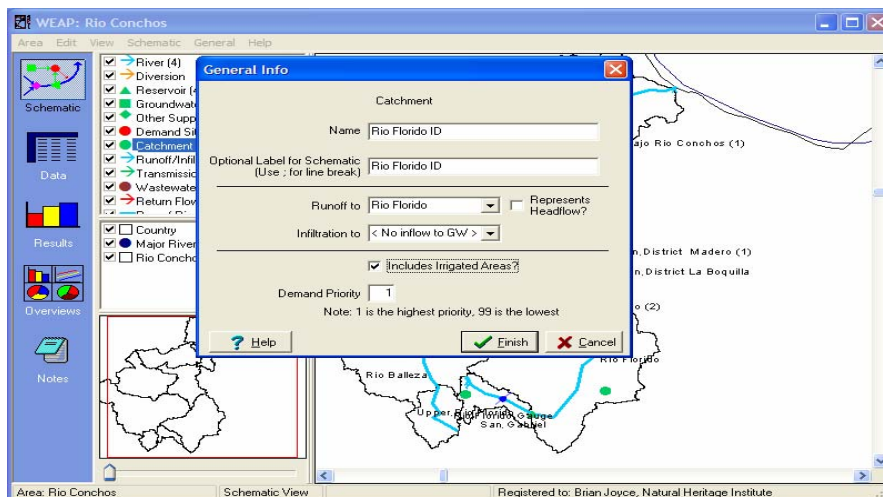
Nota:

Para comenzar este modulo, abra “Rio Conchos” si aun no esta abierto. Vaya al menu principal y seleccione “Revert to Version” y escoja la version llamada “Starting Point for Rio Conchos Applications 6.”

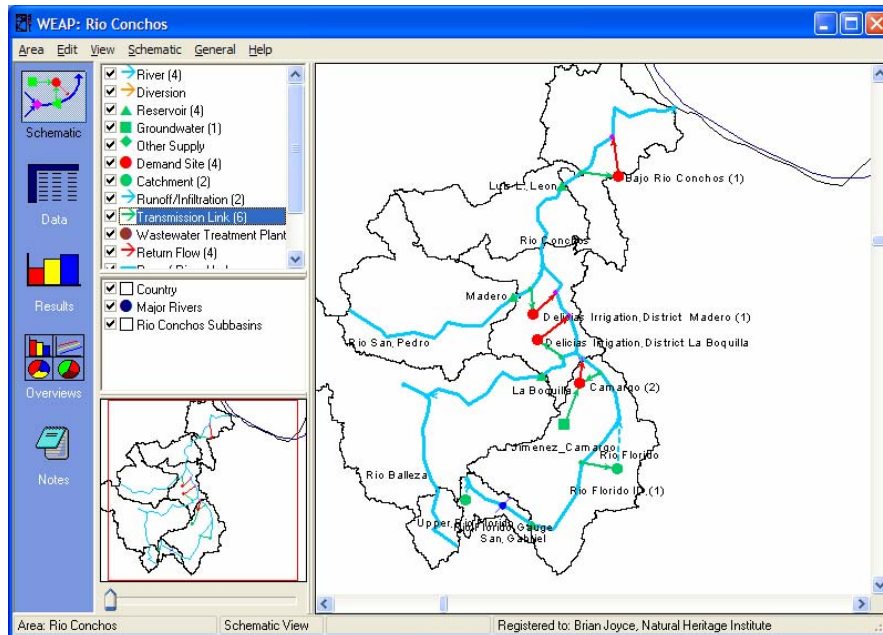
DEFINIENDO USO DE SUELO DENTRO DE UNA ZONA DE CAPTACION

En los ejercicios previos, nosotros representamos las demandas de riego fijandolos como los valores que eran independientes de abastecimiento de agua y condiciones climáticas, pero si de las demandas como variables dependiendo de patrones de cosecha. Ninguna representación consideró el efecto de entradas climáticas (la precipitación y ET) en demandas de agua de cosecha. En este capítulo nosotros aplicaremos una representación físicamente basada de las demandas de la irrigación que considera varios tipos de cosecha y datos climáticos.

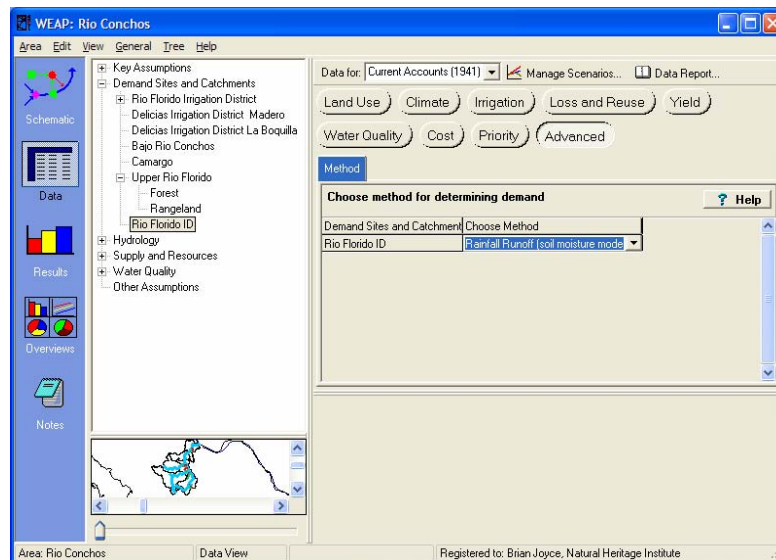
Primero reemplazaremos el nodo de la demanda de Rio Florido ID con un nodo de captación. Vaya a la Vista Esquemática (Schematics). Presione el boton derecho del mouse en el nodo de la demanda de Rio Florido ID y escoja “delete”. También borre “return flor node 3” y “withdrawal node 3” que son localizados en Rio Florido. Arrastre un nodo de captación desde la ventana de elementos y coloquelo en la misma ubicación como el nodo de demanda que usted acaba de borrar. Dele el nombre “Rio Florido ID”. Escoja Rio Florido como el río para dirigir Pérdidas d agua (runoff) y marcar la opcion que incluye areas de riego (“incluye irrigated Areas”). Asigne una prioridad de demanda de 1.



Agregue una conexión transmisión desde Rio Florido a la nueva zona de captación o nodo de captación y asignele prioridad 1.



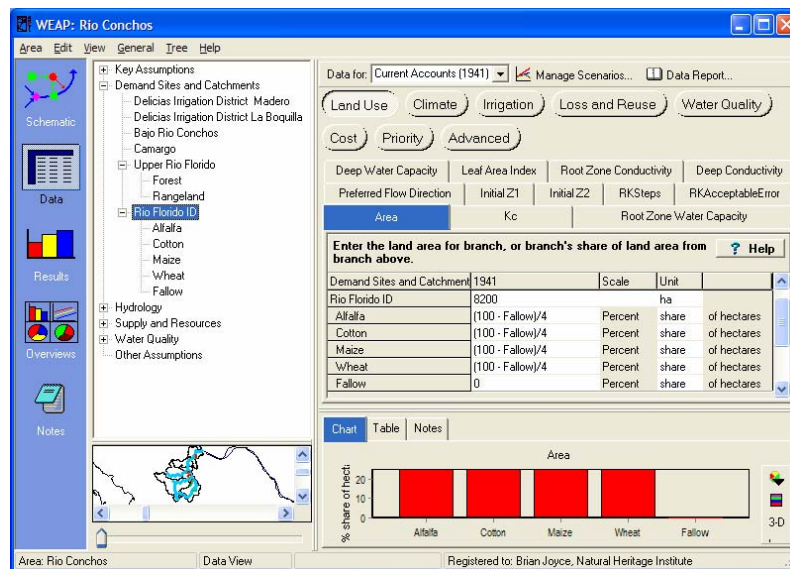
Antes de empezar ingresando los datos de utilización de la tierra y clima, nosotros necesitamos decirle a WEAP que rutina queremos utilizar para calcular Pérdidas de agua y las demandas de la irrigación. En “Data”, escoge Rio Florido ID del Arbol de Datos. Vaya a la ventana “advance” y escoja “Rainfall Runoff (soil moisture model)” del menú.



1. Ingresando datos sobre uso de suelo

Vuelva a la ventana de la utilización del suelo. Necesitamos reponer el área de la tierra y tipos de utilización. Ponga las unidades para Rio Florido ID a Ha y con un valor de 8200. Bajo la rama de Rio Florido ID, agregue los mismos cinco tipos de utilización de la tierra que utilizamos previamente- la Alfalfa, el Algodón, el Maíz, el Trigo, e Improductivo (fallow). Para cada una de la utilización de la tierra fije las unidades para Compartir (share). Dé a “fallow” un valor de 0 y reparta a cada una de las ramas restantes utilizando la expresión siguiente:

$$(100 - \text{fallow})/4$$



Ahora ingresaremos los datos que determinarán el consumo de agua y rutas del flujo subterráneo para cada una de las sub-áreas de captación (para cada tipo cosecha). El modelo de la humedad de la tierra requiere que estos parámetros sean definidos para dos compartimientos subterráneos (o “buckets”) : la zona de la raíz y la tierra profunda. Dentro de la zona de raíz, los parámetros del modelo se fijan para cada sub-área de captación, porque su equilibrio de agua y tierra es afectado por el tipo de utilización de suelo. En la tierra profunda, debajo de la zona de raíz, los parámetros del modelo para el flujo de agua se asumen uniformes sobre la zona de captación.

Fijemos los terrenos profundos primero. En la carpeta apropiada ingrese lo siguiente:

Deep water capacity 2000 mm

Deep conductivity 250 mm/mo

Para los siguientes parameters, ingrese los datos en donde corresponda:

Land use type	Crop Coefficient, Kc	Leaf Area Index	Preferred Flow Direction	Root Zone Water Capacity (mm)	Root Zone Conductivity (m/mo)
Alfalfa	0.9	5	0.2	500	150
Cotton	0.9	4	0.2	500	150
Maize	0.8	4	0.2	500	150
Wheat	0.9	5	0.2	700	150
Fallow	Blank	1.8	0.2	800	150

2. Ingresando datos climaticos

Vaya a la ventana del Clima (boton “climate”). Utilizaremos el mismo formato de referencia para la precipitación como hicimos previamente para Upper Rio Florido. De hecho, leeremos los mismos datos de la precipitación para Rio Florido ID, porque los registros dentro del distrito estan incompletos para el período 1940 a 1970. En la barra de la entrada ingrese datos de la Precipitación (en la carpeta “precipitation”) entra la expresión siguiente:

ReadFromFile (ArcHydroBinational. mdb, México_TimeSeries_RioFlorido, FeatureID, 2020800006, TSDateTime, TSValue)

Note que WEAP ahora solicita varios parámetros mas sobre del clima ademas de la precipitación. El modelo de la humedad de la tierra requiere la Temperatura, la Humedad, el Viento, y la Latitud para calcular la evapotranspiracion utilizando la ecuación Penman-Montieth. Para éstos, utilizaremos los valores mensuales promediados listados en la tabla mas abajo. Los parámetros restantes se utilizan para calcular la acumulación de la nieve y la que se derrite. Dejaremos estos en blanco.

Vaya a la ventana “climate” presionando sobre el boton con dicho nombre en la pantalla e ingrese lo siguiente:

Month	Temperature (°C)	Humidity (%)	Wind (m/s)
Oct	18.9	35	4.5
Nov	14.4	38	4.5
Dec	12.8	44	4.9
Jan	12.2	42	4.5
Feb	14.4	36	4.5
Mar	17.2	27	4.5
Apr	20.0	24	4.5
May	23.3	22	4.9
Jun	26.7	24	4.9
Jul	25.6	37	4.9
Aug	24.4	43	4.5
Sep	22.2	42	4.5

3. Ingresando datos de riego

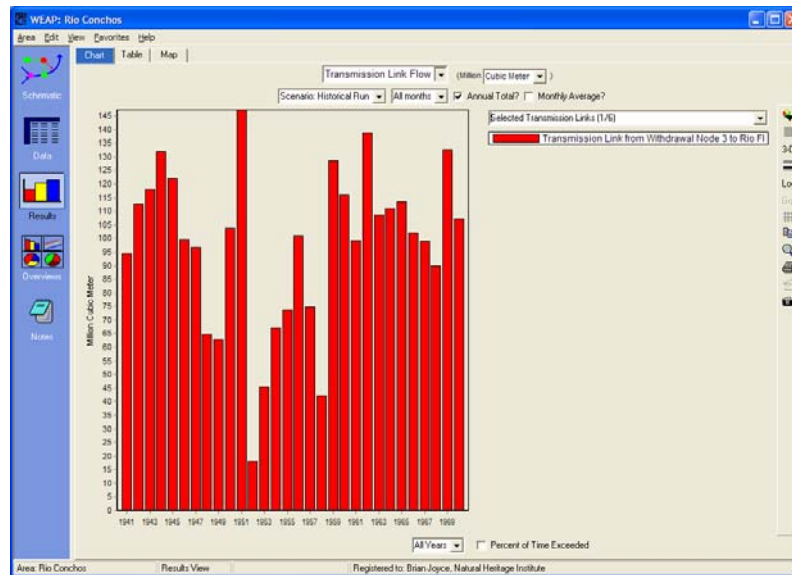
Presione sobre el boton “irrigation”. Asumiremos que el agua es entregada a cada tipo de cosecha para riego desde febrero a septiembre. No ingrese datos para zonas sin cultivar (“fallow”). En la carpeta de cada tipo de cultivo ingrese lo siguiente:

Irrigated area:

Oct – Jan	0 %
Feb – Sep	100%

4. Comparar los resultados de los modelos para los distintos cultivos

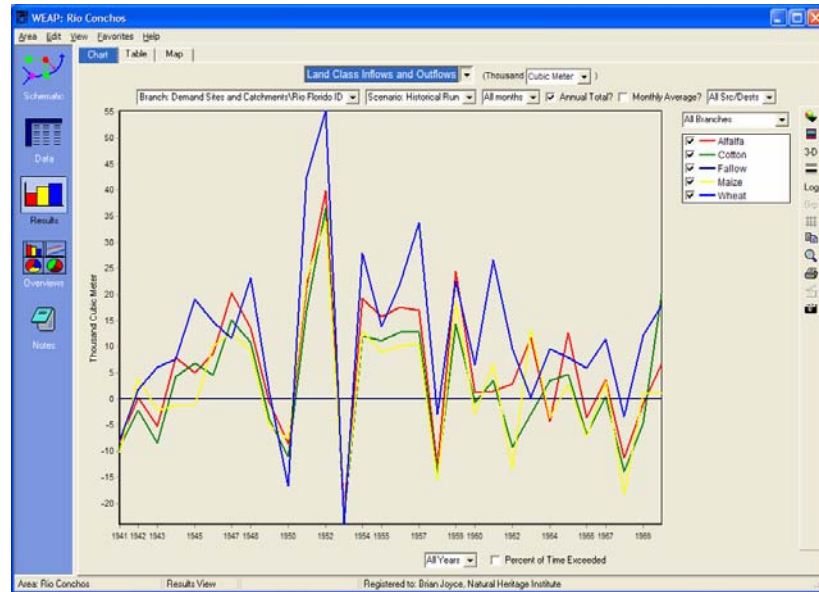
Volvamos a correr el modelo para ver el consumo de agua y las rutas de flujos de este dentro de cada tipo de cultivo. Analicemos primero algunos resultados generales para el nodo Rio Florido ID catchment. Para ver la entrega o uso de aguas de superficie totales, vaya a “supply and resources / transmisión link / flow” en la pagina de resultados (“results”). Seleccione “transmisión link from withdrawal node 3” y haga clic en la opción junto a “annual total”. Como esperabamos, las entregas son menores en años en que hay sequia o menos precipitación.



Para ver el consumo de agua dentro del distrito seleccione “ETactual (including irrigation)” desde los resultados de captación. Note que el consumo varia con fluctuaciones en la entrega de agua.



Comparemos uso de agua dentro de los tipos diferentes de cosecha. Vaya a “Land class inflows and outflows” en los resultados de captación. Escoja la gráfica de línea del menú a la derecha de la pantalla. Advierta que valores pueden ser ambos positivo y negativo. Los valores negativos indican años en los que Pérdidas y el flujo del regreso excedieron las entregas de agua de superficie. (La precipitación, en este caso, no se considera una afluencia). Recuerde que las medidas en acres eran iguales para cada cosecha; Algodón y Maíz diferidos sólo en sus valores para Kc; la Alfalfa y el Algodón diferidos sólo en sus valores para el Índice de Area de Hoja (Leaf area index); y la Alfalfa y el Trigo difirieron sólo en sus valores para la Capacidad de Agua de Zona de Raíz. ¿Cómo afectaron estos parámetros el consumo de agua y su ruteo? ¿Qué es la sensibilidad del modelo para cada uno de estos parámetros?



COMPARANDO ESCENARIOS DE USO DE SUELOS

Hasta ahora, hemos aplicado la pérdida de humedad de tierra y modulo ET a un escenario de la utilización de la tierra fija. Permítanos volver a correr el modelo con un patron de cosecha variable, escenario que desarrollamos en los capítulos previos. Necesitamos reactivar el escenario “Rio Florido ID fallow” y volver a ingresar la lógica para tierra sin cultivos en años secos. Refiérase a páginas 50-51 para estos dos pasos.

Corra el modelo y compare los resultados para los dos escenarios.

MODELANDO EL RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo: Proyecto de analisis fisico

Creando y corriendo escenarios



Natural
Heritage
Institute

Nota:

Para comenzar este modulo, abra "Rio Conchos" si aun no esta abierto. Vaya al menu principal y seleccione "Revert to Version" y escoja la version llamada "Starting Point for Rio Conchos Applications 7."

En los capítulos previos aplicamos al Rio Florido y a Rio Florido ID algunos de las rutinas dentro de WEAP para modelar los suministros de agua y demandas. Una representación más completa del Rio Conchos requerirá expandir estos conceptos a otras captaciones dentro de la cuenca. Una vez que las características físicas y operacionales de la cuenca se han caracterizado adecuadamente, el modelo entonces se puede utilizar para valorar la habilidad del sistema de abastecimiento de agua para encontrar varios contratos y obligaciones institucionales. En este capítulo miraremos algunos de las maneras en cuál WEAP se puede utilizar para realizar este tipo del análisis. En particular, crearemos los escenarios y valoraremos los intercambios de varios arreglos en las prioridades de la entrega.

Fijando requerimientos de flujo

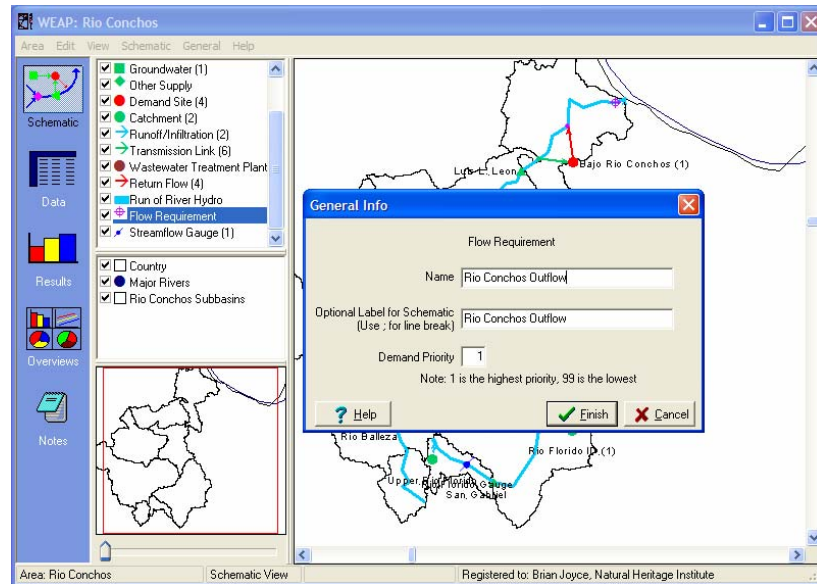
El Rio Conchos es el más grande y mas río arriba de los tributarios mexicanos al bajo Rio Grande. El Conchos suministra aproximadamente 35% a 40% del volumen total del flujo del bajo Rio Grande. Esto hace el Conchos crítico para flujos río abajo, el almacenamiento en la internacional Amistad y reserva Falcon, y en el flujo al estuario en la boca del Rio Grande.

En los últimos años, los EE.UU. y México han estado disputando la asignación de suministros de agua en el bajo Rio Grande. La disputa se centra sobre un tratado de 1944 que asigna la tercera parte a los EE.UU. de los flujos que alcanza el canal principal del Rio Grande provenientes de ciertos tributarios en el lado mexicano. La cantidad mínima especificada de agua que se debe proporcionar es 431 millones de metros cúbicos (350.000 acres-pies) como un promedio anual sobre un período de cinco años.

En el ejercicio siguiente, añadiremos a nuestro modelo WEAP una representación simplificada de requisitos de flujo como definido por el 1944 tratado.

1. Agregando un requerimiento de flujo

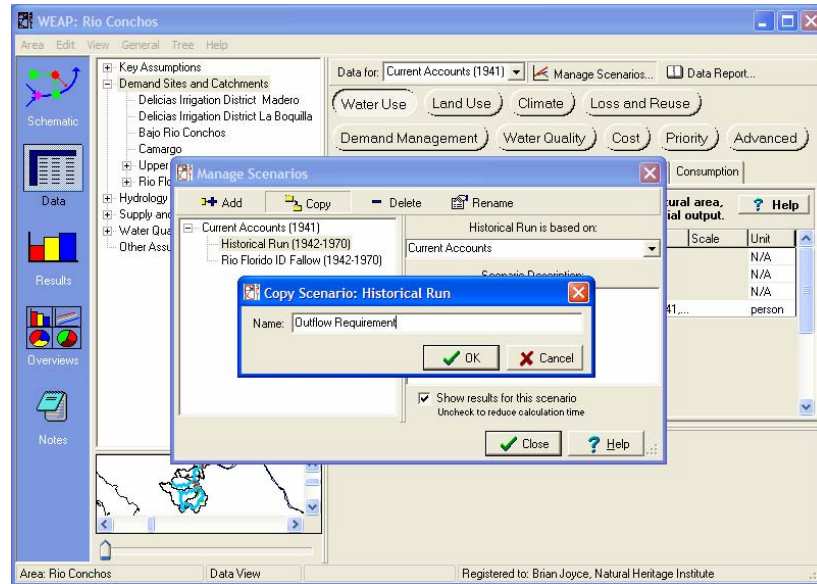
Necesitamos agregar un nodo del Requisito del Flujo al esquema. De la ventana de elementos, arrastre un nodo del requisito del flujo (“flow requirement”) en el ambiente “schematic” coloquelo justo encima de la confluencia del Rio Conchos y Rio Grande. Dele el nombre “Rio Conchos Outflow” y mantenga la prioridad predefinida de la demanda, 1.



2. Crear un escenario Nuevo

Hasta ahora, hemos simulado escenarios que analizan la habilidad del sistema de abastecimiento de agua del Rio Conchos para satisfacer las demandas agrícola y urbanas. Estamos interesados ahora en evaluar el impacto de una demanda adicional en el sistema, un requisito del flujo al termino de la cuenca. Para analizar el impacto de demandas adicionales de agua en el sistema, necesitamos crear un escenario nuevo que podemos comparar con nuestros resultados de modelos previos.

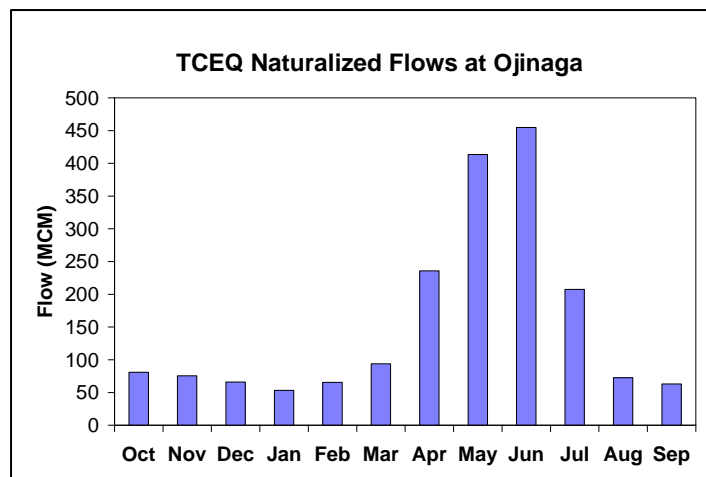
Cree un escenario nuevo basado sobre la simulación historica. Denomínelo “Outflow requirement”. Asegurese de mantener la opciones por defecto para mostrar los resultados del escenario.



Escoja el escenario “Outflow requirement” de “Data for fields”. Ahora estaremos editando sólo los datos que aplica a este escenario.

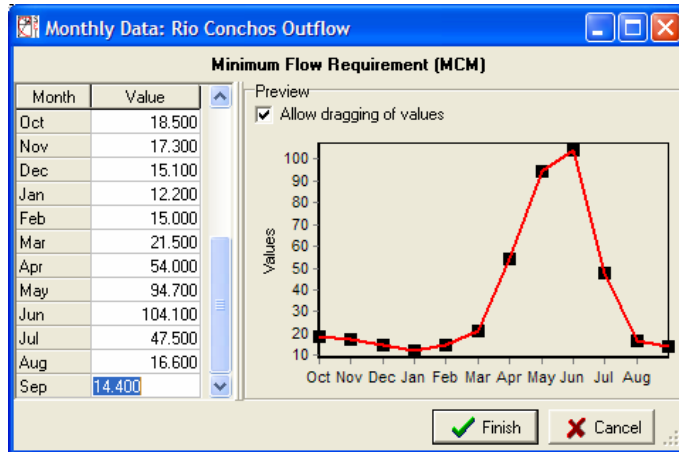
Ahora necesitamos definir los requisitos mínimos mensuales de streamflow. La intención del requisito del flujo será de traer la afluencia anual mínimo del Rio Conchos a 431 Mm3, o a la totalidad de flujos requeridos bajo el tratado de 1944. Una manera efectiva de lograr este objetivo es utilizar los períodos altos del flujo y se relajar los requisitos del flujo cuando los flujos son naturalmente bajos. Utilizaremos este enfoque para definir los requisitos mensuales del flujo. Mas abajo esta la tabla de datos y el gráfico que muestran el promedio streamflows naturalizado mensual de Rio Conchos en Ojinaga.

Flow (MCM)		Percent of Annual Flow
Oct	81	4.30
Nov	75	4.01
Dec	66	3.50
Jan	53	2.83
Feb	65	3.48
Mar	94	4.99
Apr	236	12.53
May	413	21.97
Jun	455	24.16
Jul	207	11.02
Aug	73	3.86
Sep	63	3.35



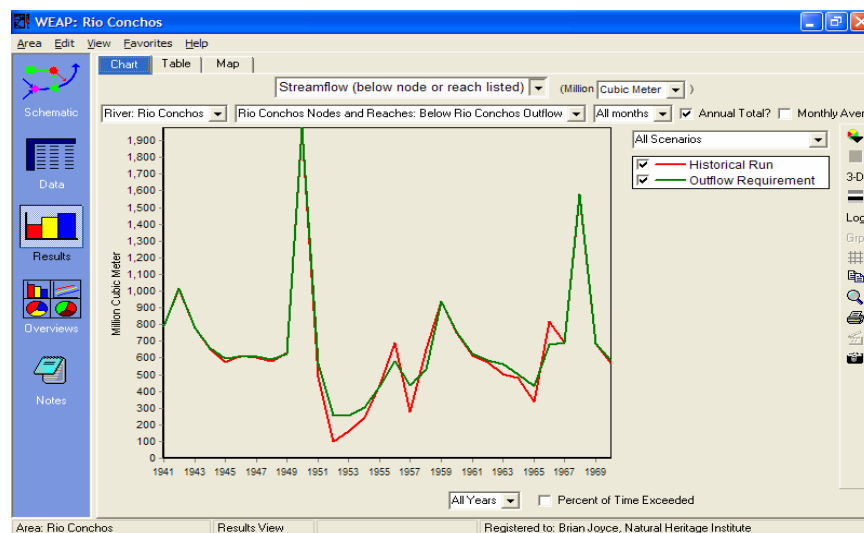
Vaya a “Supply and Resources / River / Rio Conchos / Flow Requirements” en el arbol de “data”. Use “monthly time series wizard” para ingresar los datos:

Oct	81
Nov	75
Dec	66
Jan	53
Feb	65
Mar	94
Apr	236
May	413
Jun	455
Jul	207
Aug	73
Sep	63



3. Volver a correr el modelo

Haga correr el modelo para ver el impacto del requisito del flujo. Miremos primero en los flujos del Rio Conchos ingresando en la rama principal del Rio Grande. En la ventana de resultados, escoja “streamflows” para el Rio Conchos debajo del Nodo del Requisito del Flujo (Flow requirement node). Si ellos no estan ya seleccionados, escojan todos escenarios del menú al lado derecho de la pantalla. Haga clic la opcion de “annual total”.



¿Cuál fue el impacto de las entregas en los tres distritos de irrigacion? ¿Cómo fueron las demandas no satisfechas afectadas?

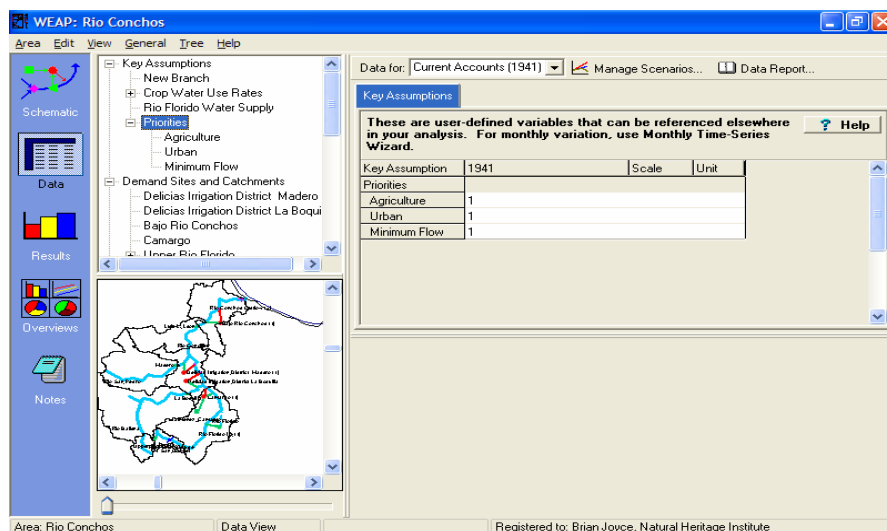
AJUSTANDO LAS PRIORIDADES DE DEMANDA

Acabamos de ver que requisitos del flujo de entrada (instream flow) pueden afectar la disponibilidad de agua a otros usuarios en la cuenca en años secos. Recuerde, sin embargo, que hemos impuesto sobre el Rio Conchos la obligación del flujo definido bajo el tratado 1944. Si nosotros ahora asumimos que otro tributario será capaz de entregar alguna fracción de este requisito del flujo, entonces el sistema de Rio Conchos tiene más flexibilidad para cumplir con las varias demandas municipales y agrícola.

Ahora definiremos los escenarios nuevos que consideran configuraciones diferentes de la prioridad de la entrega. Para los propósitos de este ejercicio, clasificaremos las demandas el flujo como agrícola, urbano o mínimo. Las distinciones adicionales dentro de estas categorías se podrían aplicar, pero nosotros lo mantendremos sencillo para ahora.

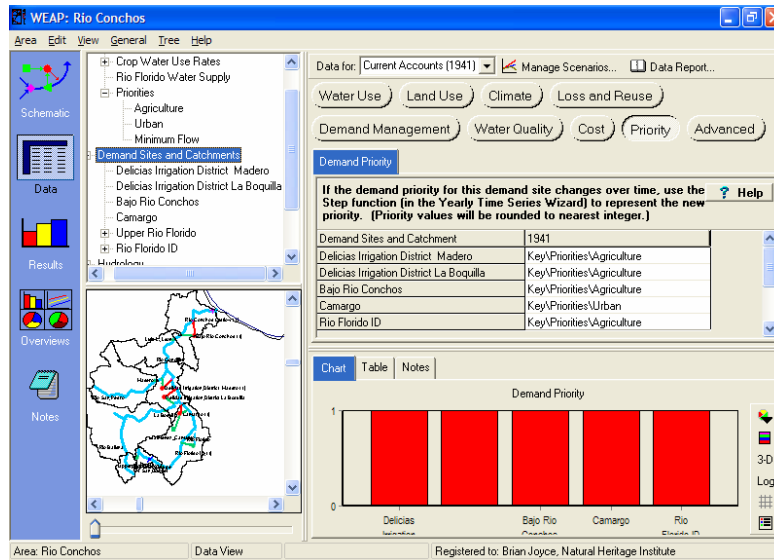
4. Definir nuevas variables

Cree una nueva sub-rama en la rama “Key Assumptions” y nombrelo “Priorities.” Agregue tres categorías: Agriculture, Urban, and Minimum Flow. De valores de 1 a los dos primeros y un valor de 2 a “minimum flow.”

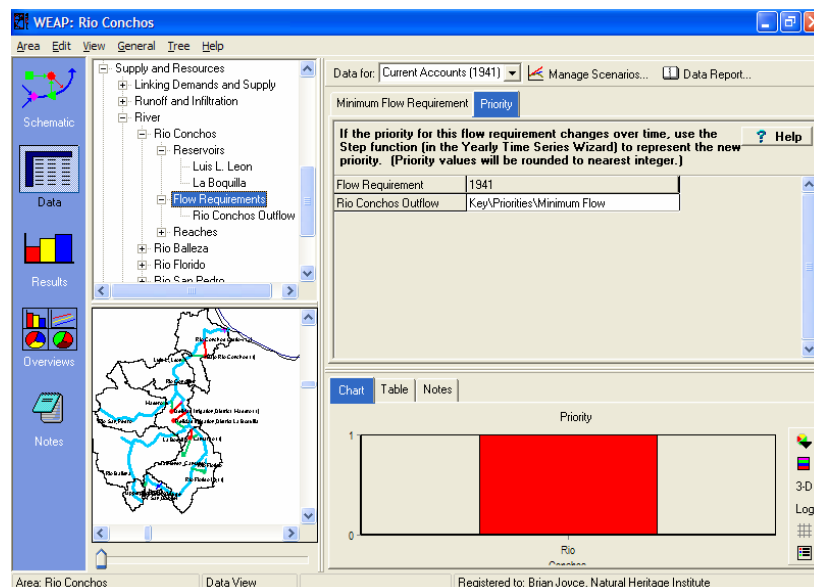


5. Actualizar referencias de prioridad

Seleccione “Demand Sites and Catchments” desde “Data” y vaya al boton “Priority”. Actualice los valores para referencia de las variables de “Key Assumption” que acabamos de definir.



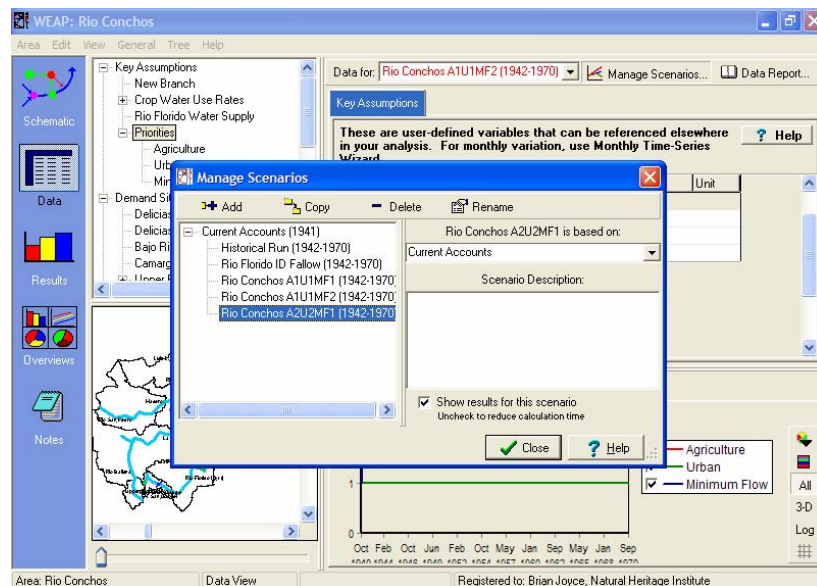
Para actualizar las prioridades de los requerimientos de los flujos seleccione “Supply and Resources / River / Rio Conchos / Flow Requirements” dentro de del arbol “Data”. Clic en la carpeta “Priority” y actualice el valor para referenciar la variable “minimum flow”.



6. Crear nuevos escenarios

El modelo previo asumió que la agricultura y los requisitos mínimos del flujo tuvieron el mismo nivel de la prioridad en la entrega. Así, en tiempos de escasez de agua, ambos demandan fueron tratados por igual. Ahora valoraremos los impactos de alterar estas prioridades relativos el uno al otro. Crearemos dos escenarios adicionales: una agricultura que da la prioridad más alta de la entrega y el otro dando a mínimo flujos la prioridad más alta en la entrega.

Vaya a “manage scenarios” y en esa ventana haga una copia de escenarios “outflow requirement”. Dele el nombre “Rio Conchos A1U1MF2.” (El nombre sugiere las prioridades relativas que asignaremos: la Agricultura = 1, Urbano = 1, y los Flujos del Mínimo = 2). Repita este proceso y denomine el segundo escenario “Rio Conchos A2U2MF1.” Para la consistencia, vuelva nombrar el escenario “outflow requirement” a “Rio Conchos A1U1MF1.” También, para facilitar la simulación del modelo, incapacite “historical run” desmarcando la opción “show results for this scenario”

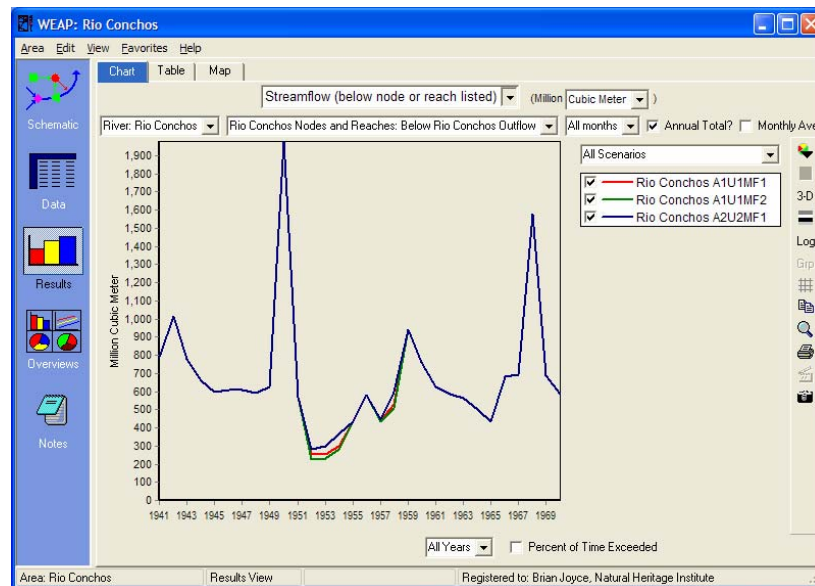


Seleccione “Rio Conchos A1U1MF2” desde el campo “Data”. Vuelva a la rama “prioridades” bajo “Key Assumptions”. Actualice la entrada “Minimum Flow” dando el valor 2.

Seleccione “Rio Conchos A2U2MF1” desde “Data”. Asigne a Agriculture y a Urban valores de 2.

7. Vuelva a correr el modelo

Vuelva a correr el modelo para ver los impactos de los cambios. Veamos de nuevo los flujos del Rio Conchos hacia el Rio Grande. En el ambiente “results”, seleccione “streamflow” para Rio Conchos debajo del nodo de requerimientos de flujo. Si no estan seleccionado, escoja “all scenarios” desde el menu. Marque la opcion “annual total”.



Como esperabamos, los resultados parecen ser afectados solo en años secos.
¿Cuál fue el impacto relativo en terminos de entregas agrícolas y demandas no satisfechas?

LIST OF REFERENCES

- National Heritage Institute (NHI). **The Bi-National Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project**, <http://www.nhi.org/Projects/InternationalRivers/RioGrande/RioGrande.html>
- Stockholm Environment Institute (SEI). Water Evaluation and Planning System (WEAP), <http://www.weap21.org/index.asp>
- Stockholm Environment Institute (SEI). Water Evaluation and Planning System (WEAP), **WEAP Tutorial**, 2005
- Patino, Carlos, Daene C. McKinney, and David R. Maidment, *Development of a Hydrologic Geodatabase for the Rio Grande/Bravo Basin*, AWRA Spring Specialty Conference: Geographic Information Systems (GIS) and Water Resources III, Nashville, TN, May 17-19, 2004
- Patiño, Carlos, Daene Mckinney and David Maidment (2004). **Water management information system for the Rio Grande/Bravo Basin**

APPENDIX A

MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Rio Conchos WEAP Exercises

October 2005



Natural
Heritage
Institute

TABLE OF CONTENTS

Main Supply and Demand Features of Rio Conchos.....	75
Connecting WEAP to the Geodatabase	89
Adding Urban Demands.....	96
Disaggregating Irrigation Demands	105
Rainfall-Runoff Modeling and Water Allocation	117
Modeling ET and Irrigation Demand	134
Creating and Running Scenarios	144

MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Main Supply and Demand Features of Rio Conchos

A REVIEW OF

<u>Major Components</u>	76
<u>Demand Structure</u>	77
<u>Water Supplies</u>	79
<u>Reservoir Inflows</u>	84
<u>First Results</u>	86

October 2005

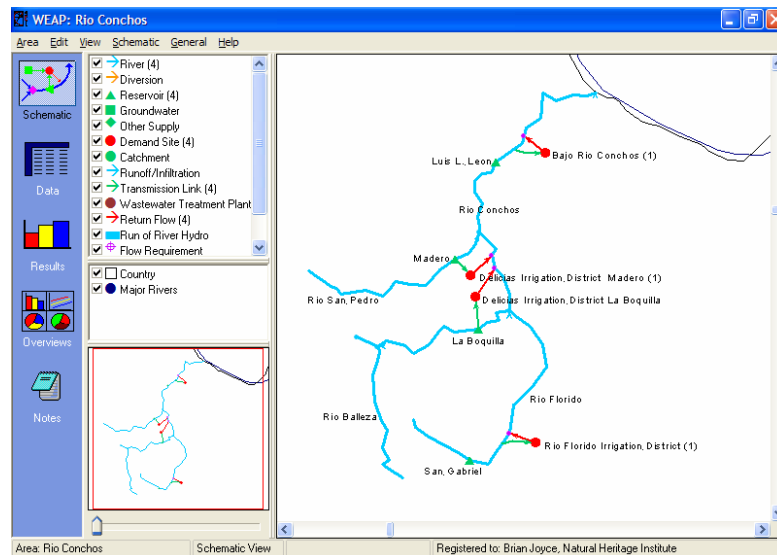


Natural
Heritage
Institute

Major Components

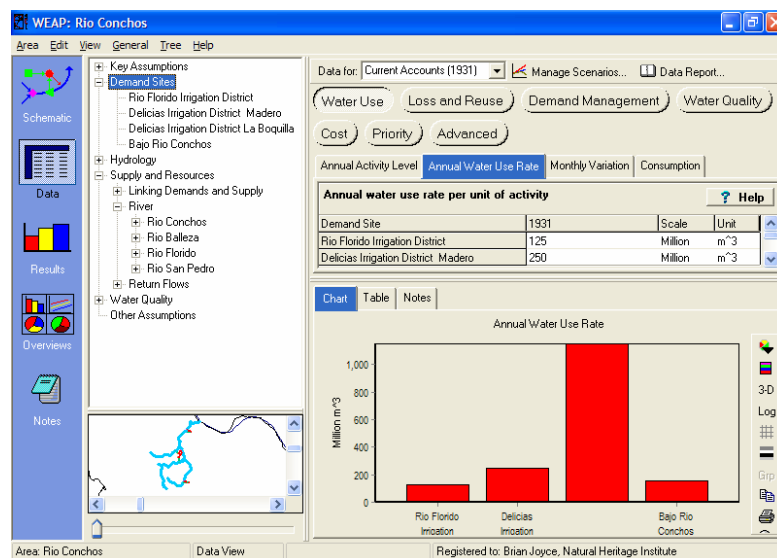
We will be developing a WEAP application for the Rio Conchos basin throughout the exercises contained in this booklet. We will use as our starting point a basic representation of the basin that contains the major water supply reservoirs, conveyance structures, and demand areas. Let's start by exploring some of the main features of the basin. Open the 'Rio Conchos' WEAP area by selecting "Area / Open / Rio Conchos" through the Main Menu.

In this representation, the Rio Conchos and its tributaries Rio Florido, Rio Balleza, and Rio San Pedro are the primary contributors of inflows to the basin. The main demand drivers in the Conchos basin are the three irrigation districts – Rio Florido ID, Delicias ID, and Bajo Rio Conchos ID. You will also notice that Delicias ID has been split into two areas, each serviced by separate water supply reservoirs. The reservoirs that control the delivery of water to these areas are San Gabriel, La Boquilla, Madero, and Luis. L Leon.

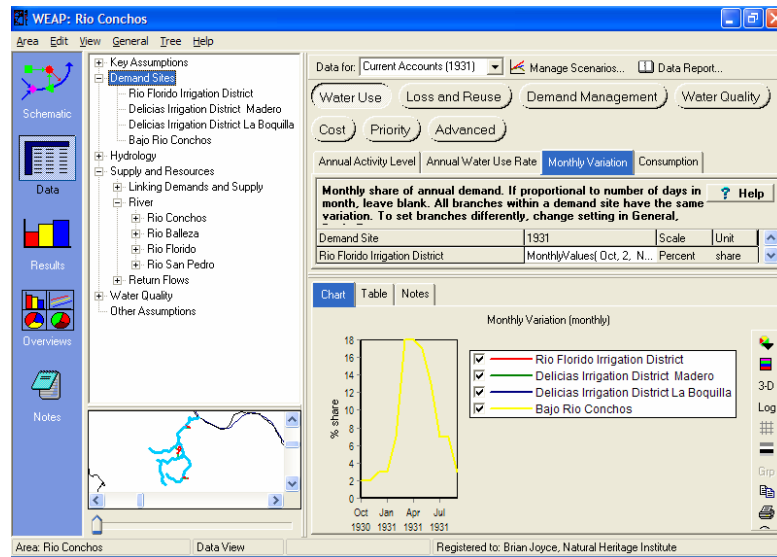


Demand Structure

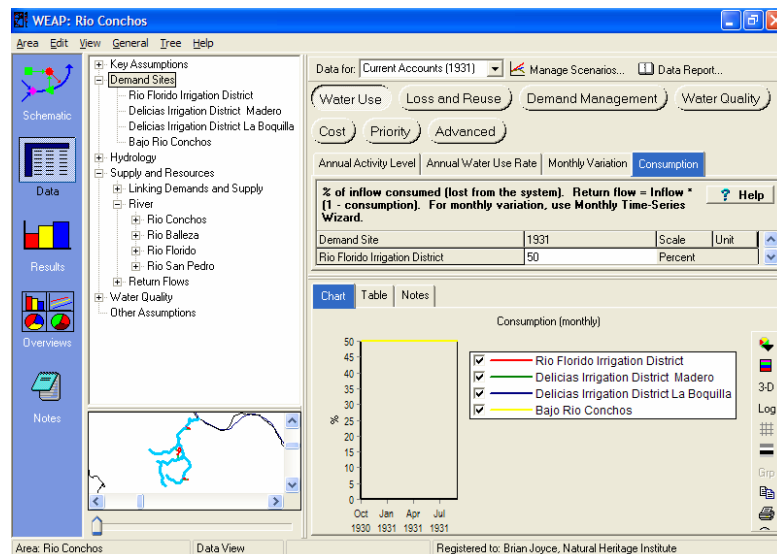
We are now going to look at how the demands are defined within each of the irrigation districts. Go to the Data view by clicking on the Data symbol on the left of the main screen. Select: “*Demand Sites*” in the Data tree. The "Water Use" window should be open - if it isn't, click on the appropriate button. Click on the "Annual Water Use Rate" tab. Notice that agricultural demands are fixed to a level that does not change from year to year. Later we will reconfigure these areas so that their water demands are dependent upon cropping patterns and climatic data.



Click on the “Monthly Variation” tab. This tab is used to partition the annual water use rate into monthly values. Notice that each irrigation district assumes the same variation. This implies similar cropping patterns for all districts.



Click on the “Consumption” tab. This is where you may define the fraction of delivered water that is consumed within an irrigation district. The remaining water is routed back to the river through a return flow link. This value is a reflection of irrigation efficiency, water reuse, and conveyance losses within the demand area.

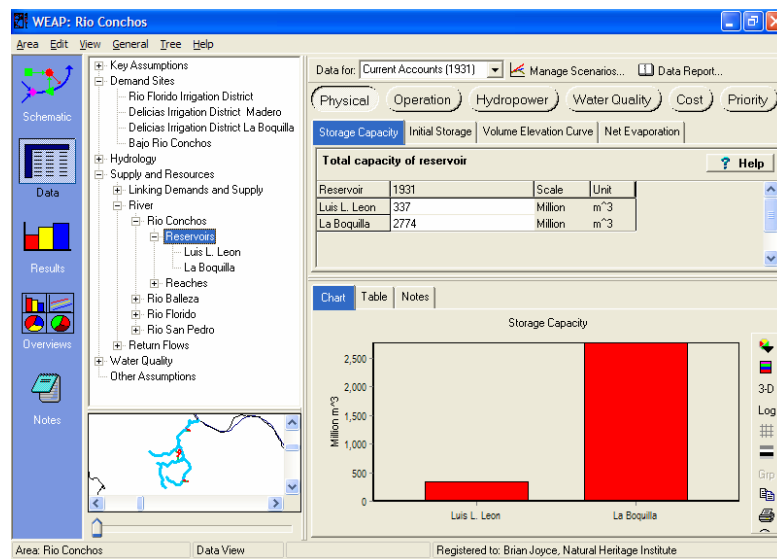


Water Supplies

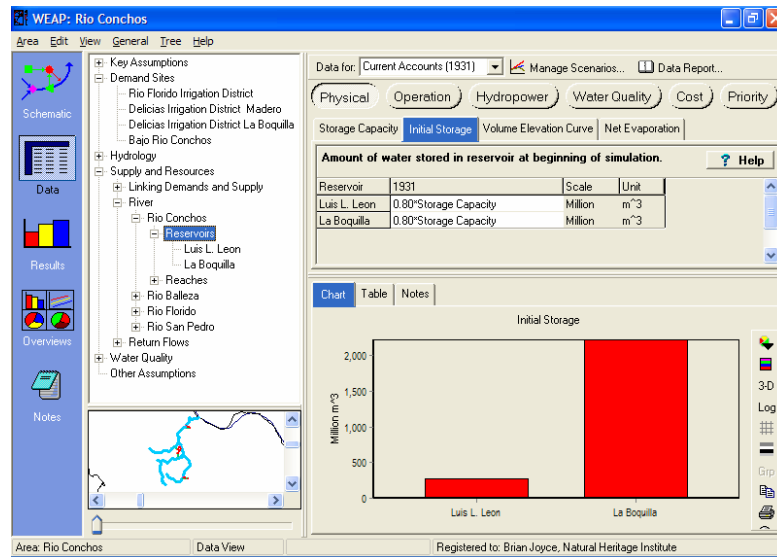
We are now going to look at a couple of the reservoirs that store water for delivery to the three irrigation districts in the Rio Conchos basin. We will investigate their physical characteristics as well as some rules of operation.

1. Physical characteristics

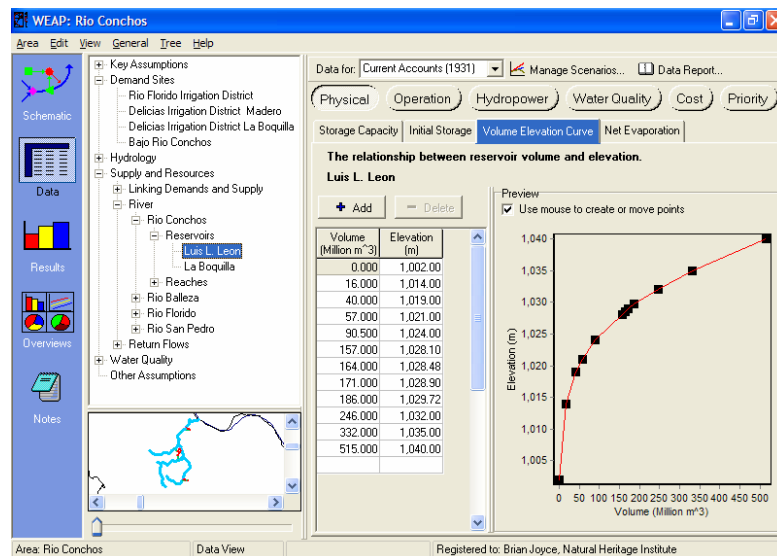
To view data for reservoirs located along the mainstem of the Conchos, select “*Supply and Resources / River / Rio Conchos / Reservoirs*” from the Data Tree. The "Physical" window should be open - if it isn't, click on the appropriate button. Click on the "Storage Capacity" tab. You should be looking at the total storage capacity values for Luis L Leon and La Boquilla reservoirs.



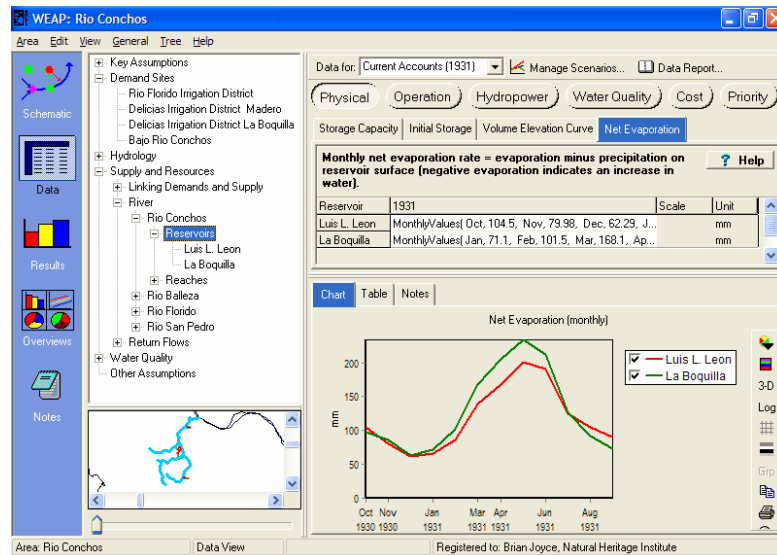
Click on the “Initial Storage” tab. Reservoir storages are initialized here either as constant values or as functions of other constant variables (e.g. Storage Capacity).



Click on the “Volume Elevation Curve” tab. Changes in reservoir volume are related to the changes in water surface elevation in order to calculate evaporative losses from reservoirs and, where appropriate, hydropower generation. Compare the volume-elevation curves for Luis L Leon and La Boquilla reservoirs.

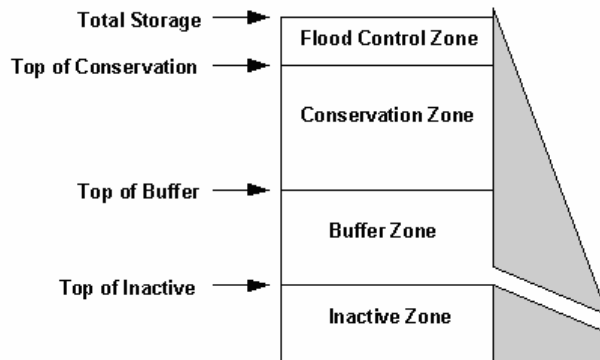


Click on the “Net Evaporation” tab. Here we have used monthly averages to estimate evaporative losses from the two reservoirs. Measured time series data could also be read in where it is available.

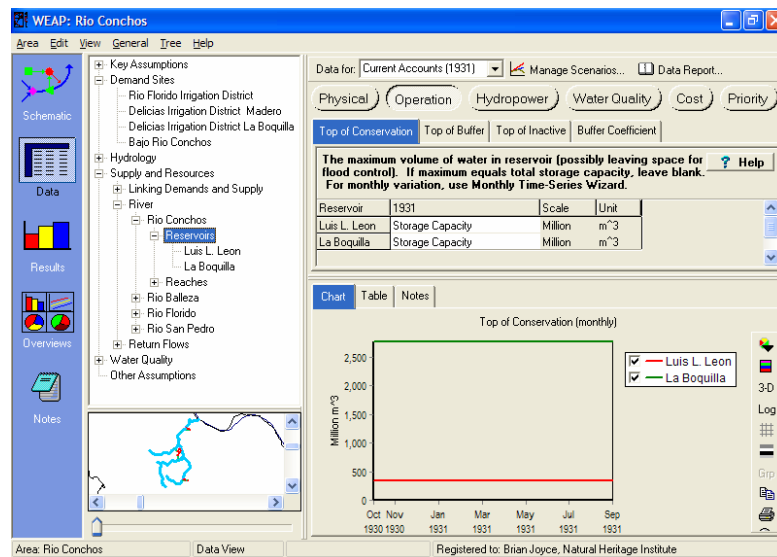


2. Reservoir operations

As illustrated by the figure below, WEAP allows the modeling of advanced reservoir operation through the definition of several zones that have different operational constraints. More can be learned through the Help file’s “Reservoir Zones and Operation” screen or by clicking on the help button when in the Reservoir’s Operation tab.

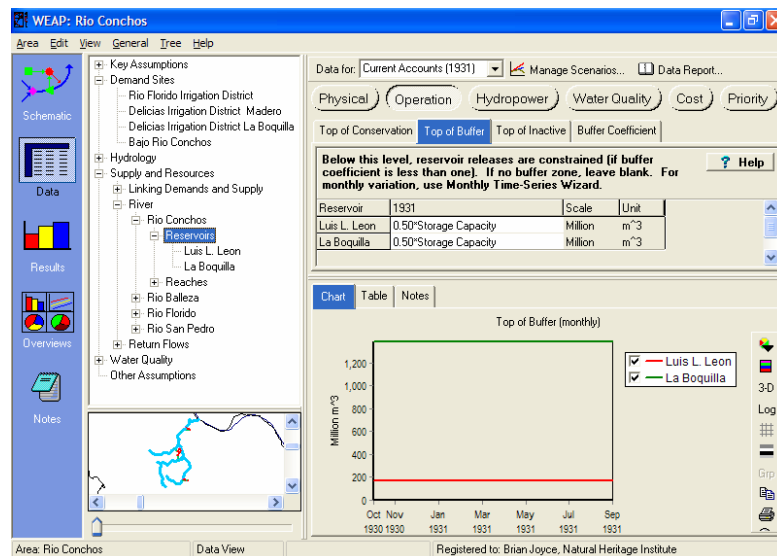


We are now going to look at the basic operational rules of Luis L Leon and La Boquilla reservoirs. Open the “Operation” window by clicking the appropriate button. Click the “Top of Conservation” tab, if it is not already selected. Notice that the top of the conservation zone for both reservoirs is equal to the storage capacity. This indicates the model assumes that neither reservoir is operated for the retention of floods.

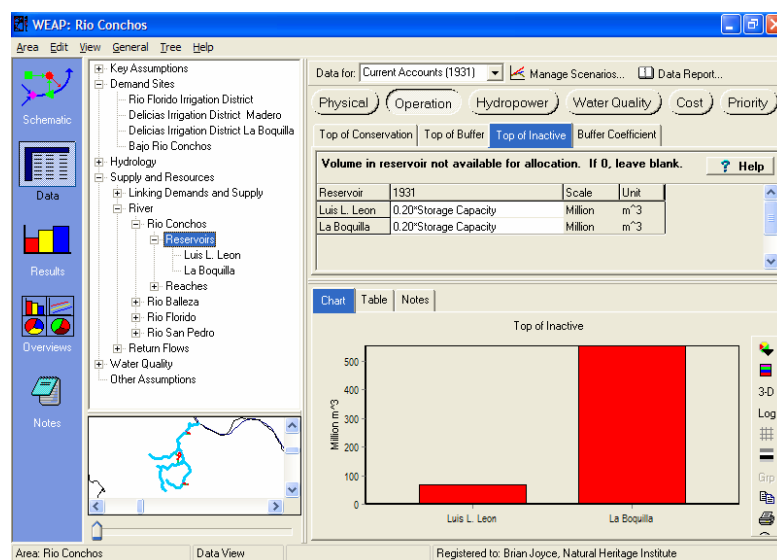


Click the “Top of Buffer” tab. Both reservoirs specify the top of the buffer zone at one-half the reservoir’s capacity. This implies that for each reservoir the volume of the conservation zone, from which water deliveries are unrestricted, is half of the storage capacity of the reservoir. Thus, storage

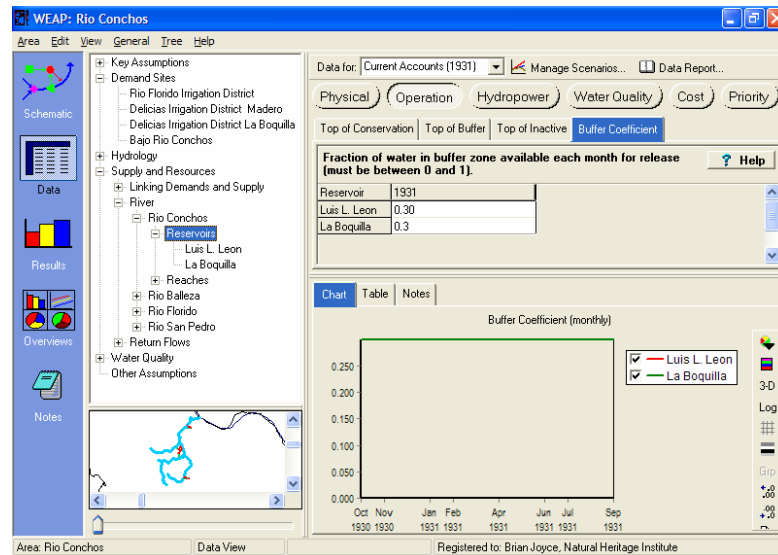
mitigation efforts within either reservoir do not begin until the reservoir has been drawn down to half of its storage capacity.



Click the “Top of Inactive” tab. Notice that neither reservoir can release water when storage falls to 20 percent of its total storage capacity. Remember also that the top of the inactive zone is the bottom of the buffer zone, such that reservoir releases may be constrained when storage is between 20 and 50 percent of the total storage capacity (i.e. within the buffer zone).

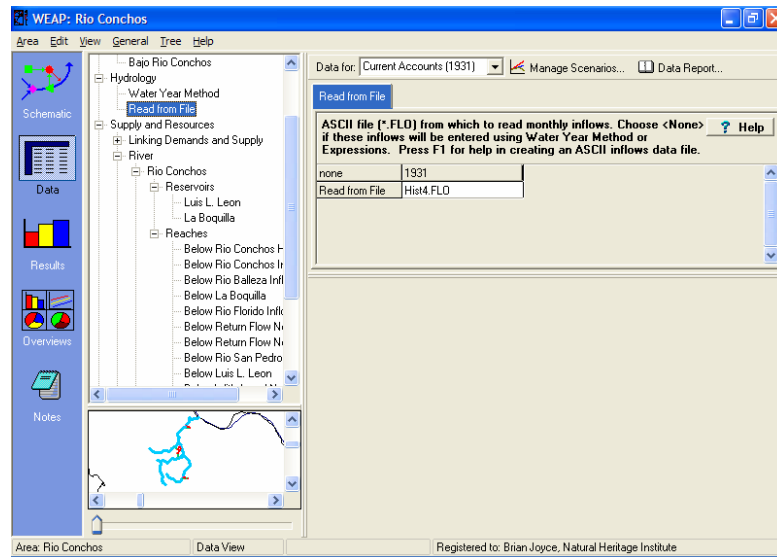


Click the “Buffer Coefficient” tab. This is where we specify the fraction of the water within the buffer zone that is available for release in any given month.

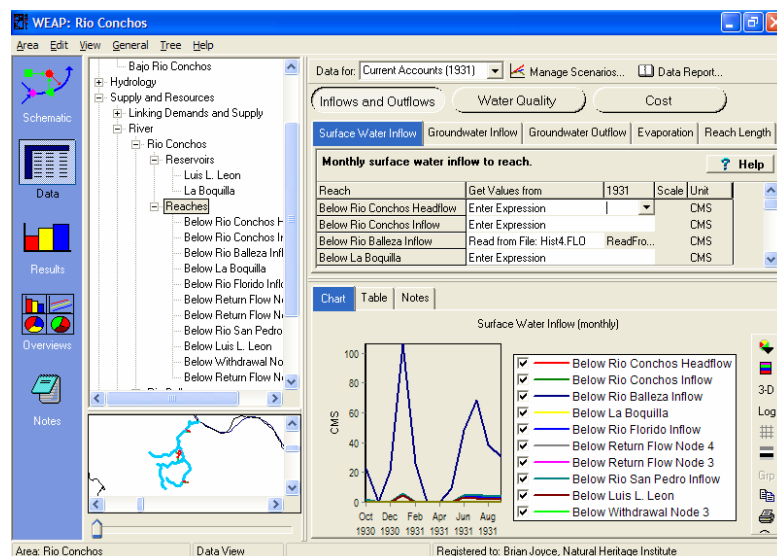


Reservoir Inflows

Monthly streamflow values can be specified manually within the WEAP interface, read in from an external file, or calculated using a rainfall-runoff procedure, which relies on climatic data that is similarly defined or read in from another source. For this exercise, we will look at how WEAP reads in streamflow data directly from an external file. Select “*Hydrology / Read from File*” from the Data Tree. We notice here that a formatted ASCII file, “Hist4.FLO”, is specified as the file from which to read model input data.



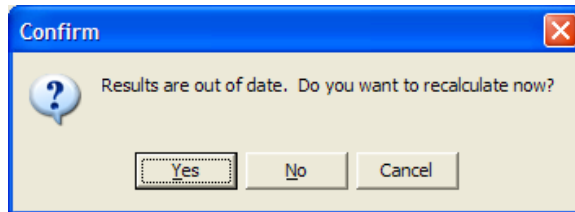
Inflows are specified for several river reaches. To see the locations and values of river inflows to the Rio Conchos, select “*Supply and Resources / River / Rio Conchos / Reaches*”. If the “Inflows and Outflows” window is not selected click the appropriate button. Click the “Surface Water Inflows” tab.



Using the Data Tree, select the other rivers to see the locations and values of their surface water inflows.

First Results

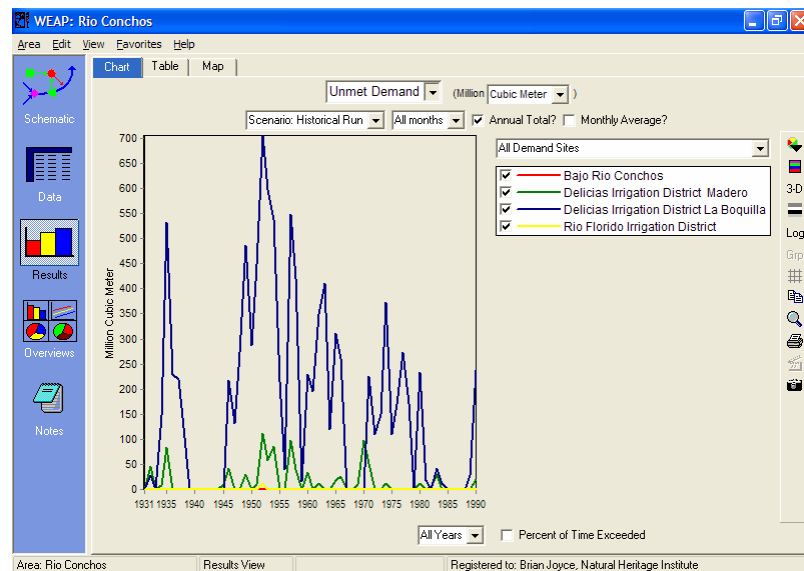
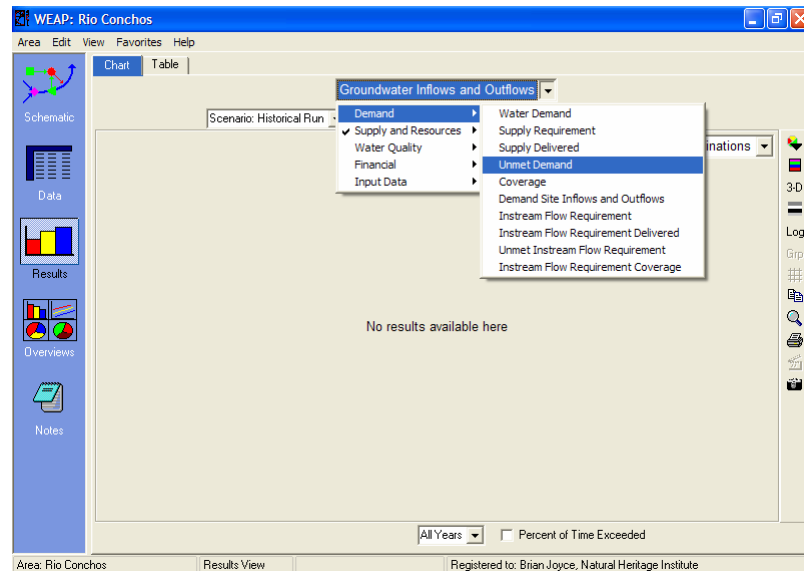
We will now run the model and look at some initial results. To begin the simulation, go to the Results view by clicking on the Results symbol on the left of the main screen. Choose “Yes” when prompted if you want to update the results.



1. Unmet demands

One of the first things that we may be interested in learning is whether or not the model was able to meet its delivery targets. In the current version of the Rio Conchos model, we have defined delivery targets only for the three irrigation districts (i.e. their annual water use). One way in which to view the delivery reliability to each of the districts is by looking at the annual demands of the irrigation districts minus the water delivered to them, or unmet demand.

From the pulldown menu on the Chart page, select “*Demand / Unmet Demand*”.

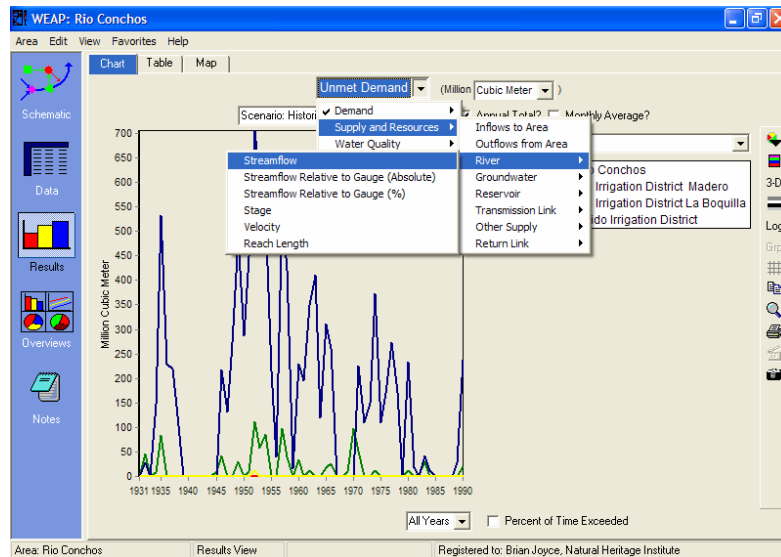


Another way to view delivery reliability is by graphing the demand coverage (i.e. percentage of demand that was delivered). To look at this, select “Demand / Coverage”.

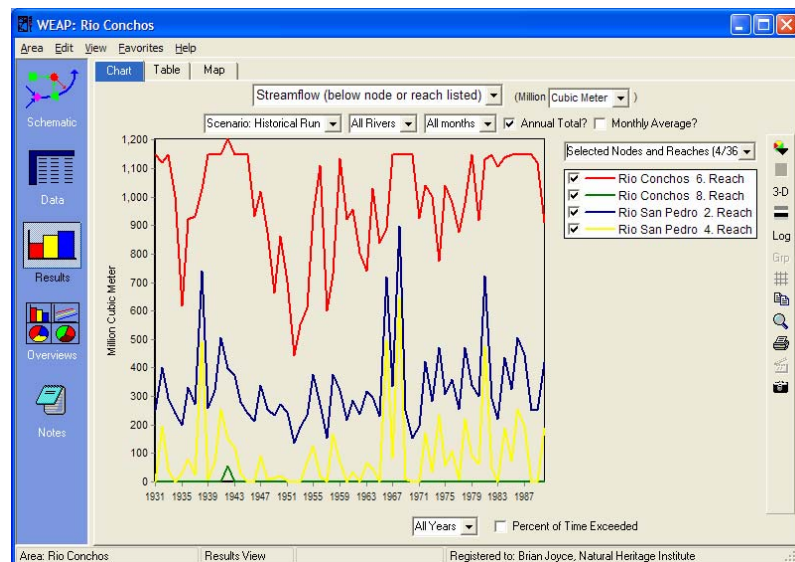
2. Streamflow

Another important result to inspect is the impact of water deliveries on streamflows. Since no flow requirements were specified, surface water deliveries to irrigation districts may have significantly reduced streamflows from the natural hydrograph. We may ask: If there was not enough water to satisfy irrigation demands does that imply that rivers

went dry? To look at simulated streamflows, select “*Supply and Resources / River / Streamflow*”.



To see what impact surface water deliveries to Delicias ID had on streamflows we will graph reservoir releases from La Boquilla and Madero and streamflows below the points of diversion. Using the “Selected Nodes and Reaches” pulldown menu, select the following river reaches: Below La Boquilla, Below Withdrawal Node 1, Below Madero, and Below Withdrawal Node 4.



MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Connecting WEAP to the Geodatabase

A REVIEW OF

[Reading Model Inputs from External Files](#) 90

October 2005



Natural
Heritage
Institute

Note:

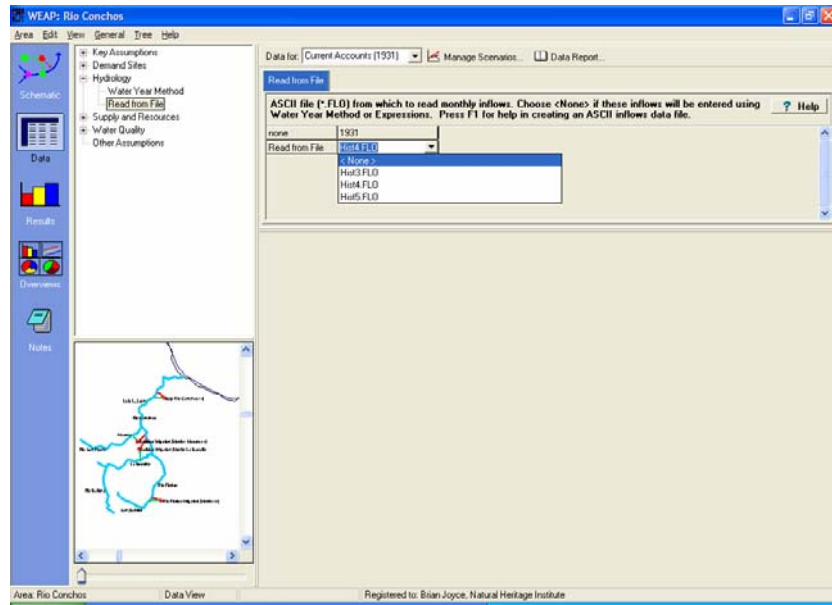
To begin this module, open the “Rio Conchos” area if it is not already open. Go to the Main Menu, select “Revert to Version” and choose the version named “Starting Point for Rio Conchos Applications 1 - 2.”

Reading Model Inputs from External Files

WEAP is capable of reading in data from text, comma separated files (as in the last exercise) or from MS Access database files. In this exercise, we will update the model to read from the ArcHydro geodatabase developed for the Rio Grande/Rio Bravo (ArcHydroBinational.mdb). We will replace the surface water inflows with naturalized flows time series developed by the Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ).

3. Remove reference to ascii file

To remove the reference to the ascii file containing the dubious surface water inflows, go to “*Hydrology / Read from File*” in the Data Tree. Select “None” from the pulldown menu. This will clear all calls to read from an external file.



4. Read in headflows from geodatabase

TCEQ has generated naturalized streamflows at 45 locations in the Rio Grande/Rio Bravo. Six of these locations are within the Rio Conchos basin. These are summarized in the table below. We will use streamflow time series for the three upstream locations to define headflows for the Rio Conchos, Rio Florido, and Rio San Pedro.

Name	Location in Rio Conchos Basin	FeatureID
Rio San Pedro at Villalba	Above Madero reservoir	2020100001
Rio Florido at Cd Jimenez	Below San Gabriel reservoir	2020100002
Rio Conchos at Las Burras	Below confluence of Rio Conchos and Rio San Pedro	2020100003

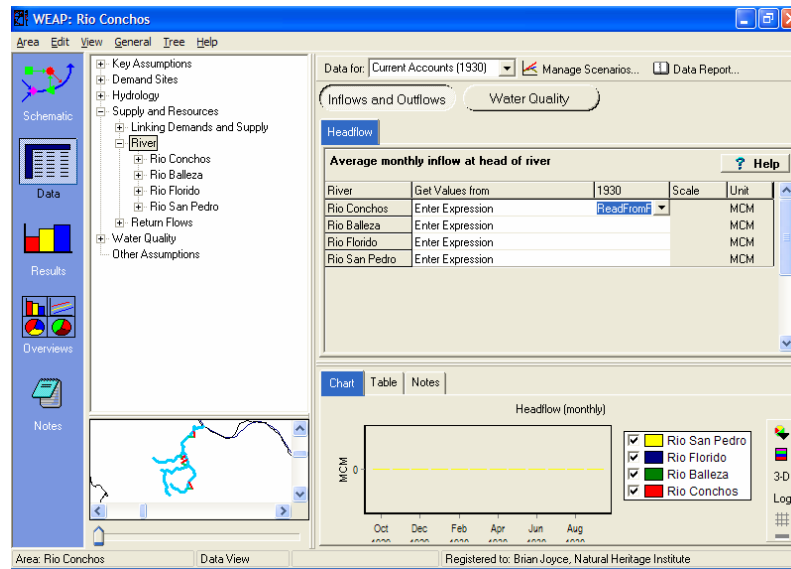
Rio Conchos at El Granero	At Luis L Leon dam	2020100004
Rio Conchos at Presa La Boquilla	At La Boquilla dam	2020100005
Rio Conchos at Ojinaga	At confluence of Rio Conchos and Rio Grande/Rio Bravo	2020100051

TCEQ naturalized streamflow data is contained within the ArcHydroBinational geodatabase in a table called “TCEQ_NaturFlow_MontCMS.” Each location is referenced by the FeatureID field. Observation dates are referenced by the TSDateTime field. Streamflow values are referenced by the TSValue field. WEAP uses the ReadFromFile command to read data from an MS Access database. The syntax for the command is

ReadFromFile(DatabaseFilename, TableName, IDFieldName, IDValue, DateFieldName, ValueFieldName)

To set headflows for the three rivers, go to “*Supply and Resources / River*” in the Data Tree. Select the Expression Builder from the pull-down menu in the data entry bar for the Rio Conchos. Enter the following expression:

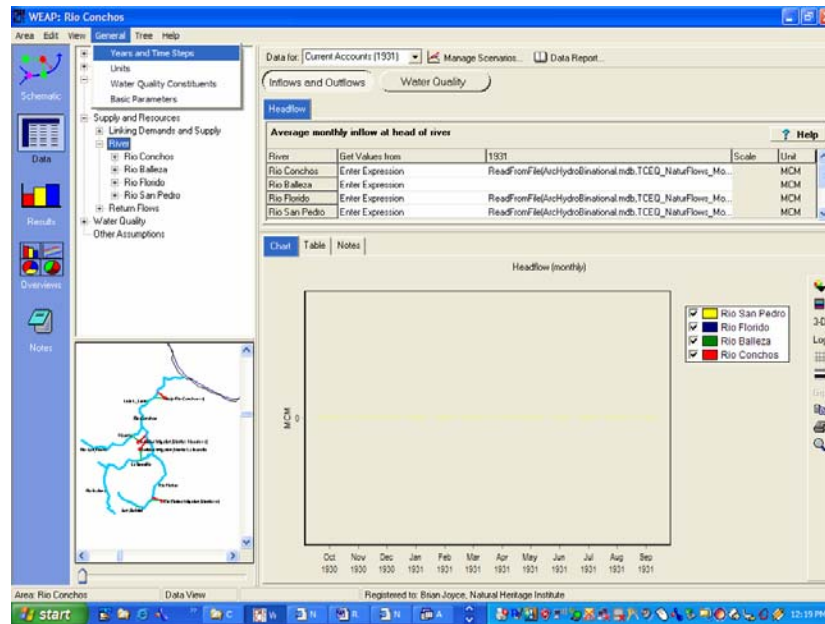
ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, TCEQ_NaturFlows_MontCMS, FeatureID, 2020100005, TSDateTime, TSValue)



Repeat this process for Rio Florido and Rio San Pedro by copying the expression for Rio Conchos and replacing the FeatureID with the appropriate value.

5. Update simulation period

Notice in the previous step that all headflow values were zero. This is because TCEQ generated naturalized flows for the period January 1940 to December 1999. The WEAP model that we have been using simulates operations over the period October 1930 to September 1990. WEAP has assumed a value of zero where no data was found. To fix this we need to update the simulation period so that it is consistent with the TCEQ data. Go to the “General” pulldown in the Main Menu and select “Years and Time Steps.”

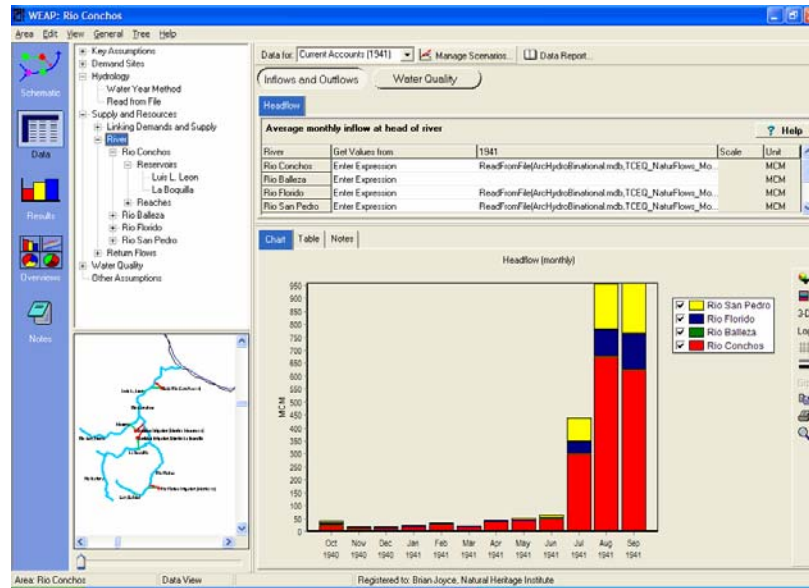


We will continue to use the October to September water year. We will set the Current Accounts year to 1941, because this is the first water year in the TCEQ data (starting October 1940). Set the Last Year of Scenarios to 1970. (We could run the simulation through to September 1999, but will truncate the simulation period in order to shorten run times).

#	Title	Abbrev.	Length	Begins	Ends
1	October	Oct	31	Oct 1	Oct 31
2	November	Nov	30	Nov 1	Nov 30
3	December	Dec	31	Dec 1	Dec 31
4	January	Jan	31	Jan 1	Jan 31
5	February	Feb	28	Feb 1	Feb 28
6	March	Mar	31	Mar 1	Mar 31
7	April	Apr	30	Apr 1	Apr 30
8	May	May	31	May 1	May 31
9	June	Jun	30	Jun 1	Jun 30
10	July	Jul	31	Jul 1	Jul 31
11	August	Aug	31	Aug 1	Aug 31
12	September	Sep	30	Sep 1	Sep 30

The study period will run from October, 1940 to September, 1970.

The headflows for the Current Accounts year should now look like this.



6. Rerun the model

Now rerun the model to see how the new streamflow inputs have changed our results. To begin the simulation, go to the Results view by clicking on the Results symbol on the left of the main screen. Choose “Yes” when prompted if you want to update the results.

Refer back to the previous results for unmet demand on page 12 and streamflows on page 13. How have unmet demands and streamflows been affected? Are there demands or water supplies that are not accounted? What are they? How would these change the results if they were included?

MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Adding Urban Demands

A REVIEW OF

Linking Demands to Multiple Water Sources 97

October 2005



Natural
Heritage
Institute

Note:

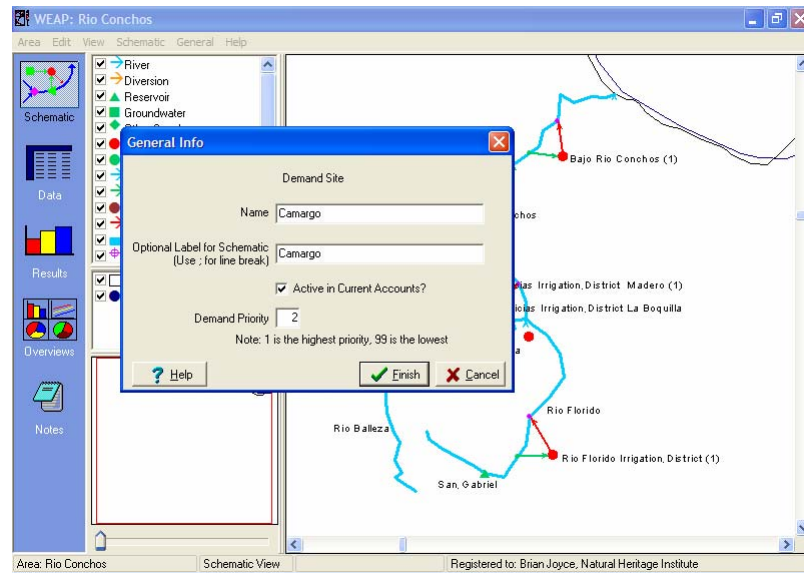
To begin this module, open the “Rio Conchos” area if it is not already open. Go to the Main Menu, select “Revert to Version” and choose the version named “Starting Point for Rio Conchos Applications 3.”

Linking Demands to Multiple Water Sources

The current version of our model considers only agricultural demands in the Rio Conchos basin. This is a reasonable representation of the system when considering only surface water supplies, since irrigation accounts for over 90 percent of water use within the basin and the remaining water users get the vast majority of their water (again over 90 percent) from groundwater. However, municipal demands within the basin total over 1,000 million m³ per year and are quite significant when groundwater is included in the overall water balance for the basin. In this exercise we will add an urban demand site that has access to both surface water and groundwater supplies.

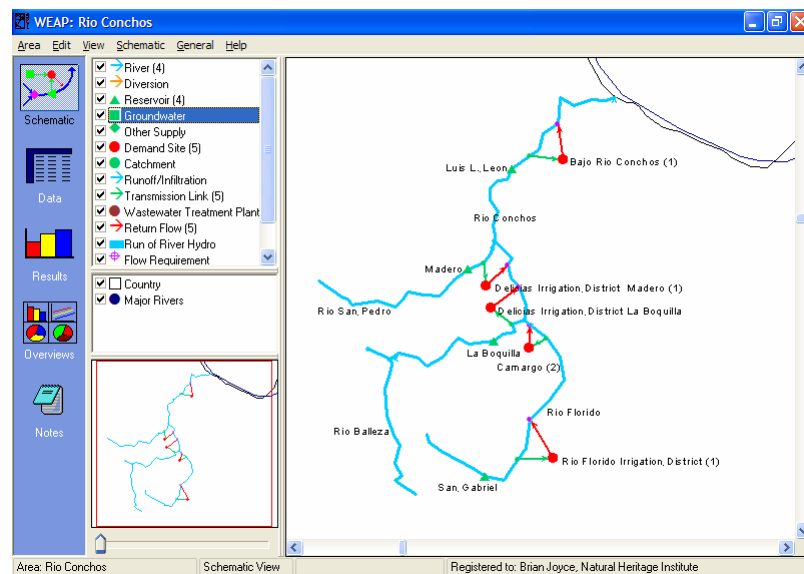
7. Create a new Demand Site

Ciudad Camargo is located at the confluence of the Rio Florido and Rio Conchos. The city diverts water from Rio Florido and pumps groundwater from the Camargo-Jimenez aquifer. Add this demand node by dragging a Demand Site symbol onto the schematic from the Element window. Give it the name Camargo



Give the demand site a Demand Priority of 2. We will assume for now that urban demands are secondary to agricultural deliveries.

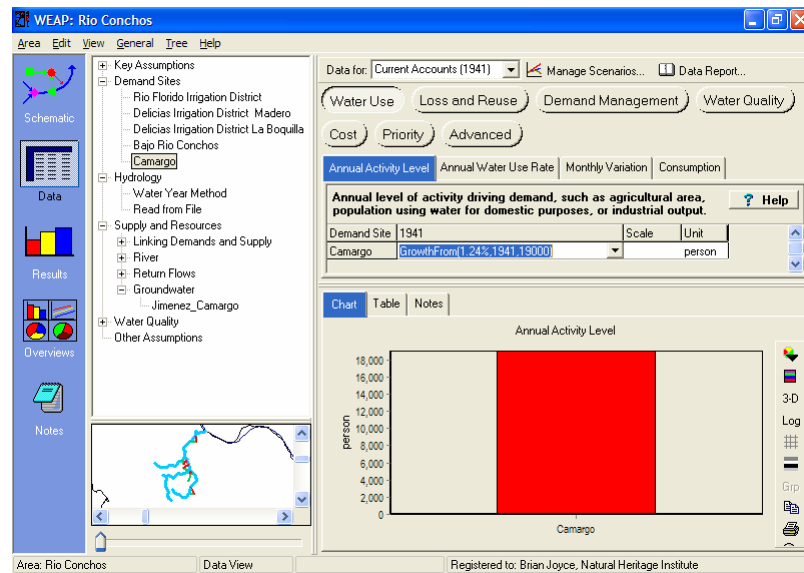
Add a Transmission Link that diverts water from Rio Florido. Give it a Supply Preference of 1. Add a Return Flow link back to Rio Florido just above the confluence with Rio Conchos. Your schematic should look like this.



In the Data view, go to the Data Tree and select “*Demand Sites / Camargo*”. We will now define a growing Camargo population using the

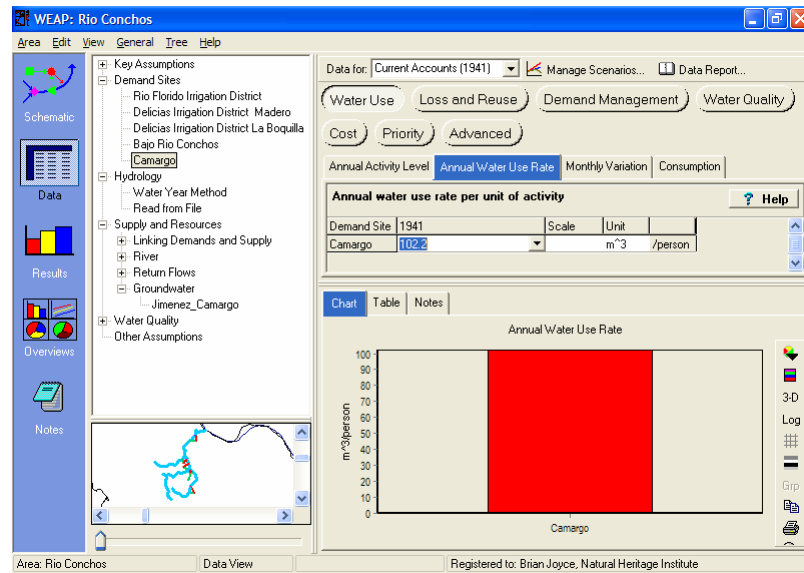
“Annual Activity Level” tab. Set the units as “person.” Select the Expression Builder from the pull-down menu in the data entry bar. Enter the following expression:

GrowthFrom(1.24%,1941,19000)

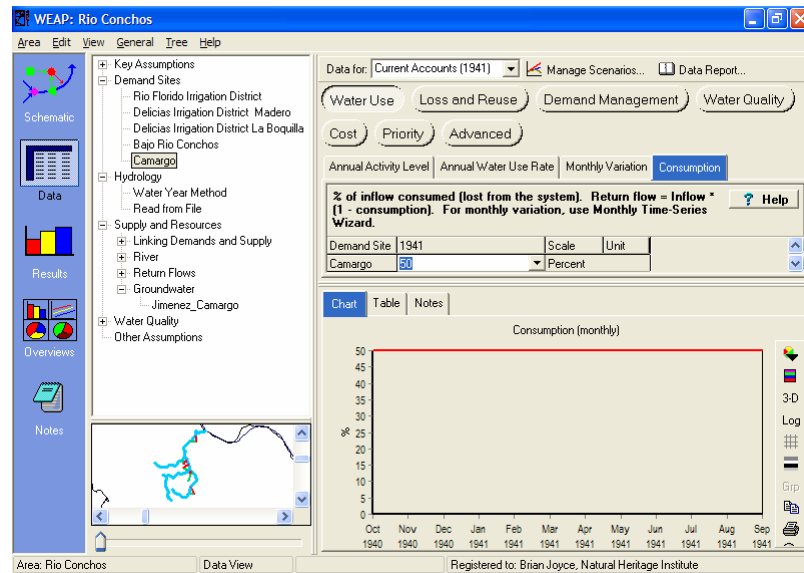


The “GrowthFrom” expression that you just entered assumed an initial population of 19,000 people in 1941. This population grows by 1.24% with each successive year in the simulation.

Select the “Annual Water Use Rate” tab. The units should already be set at m³/person/year. Keep this setting. Enter a value of 102.2 in the data entry bar.



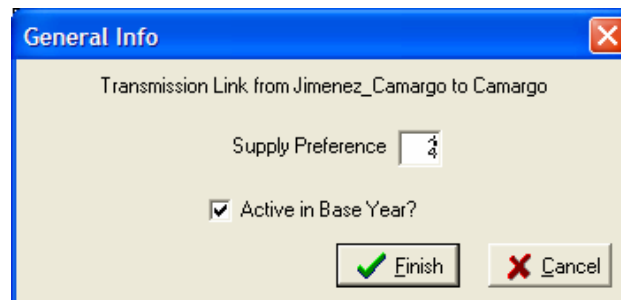
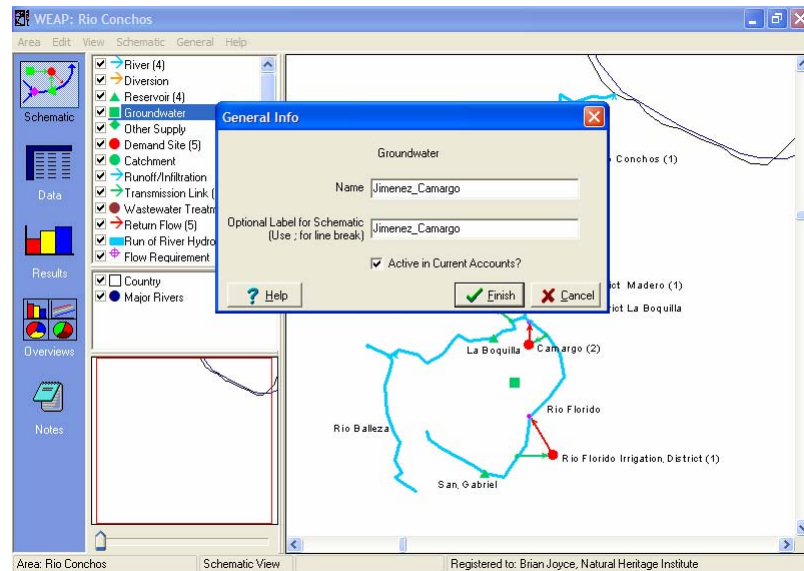
Select the “Consumption” tab. Enter a value of 50 in the data entry bar. We will assume that 50 percent of the water delivered to Ciudad Camargo is consumed. The remainder is returned to the river.



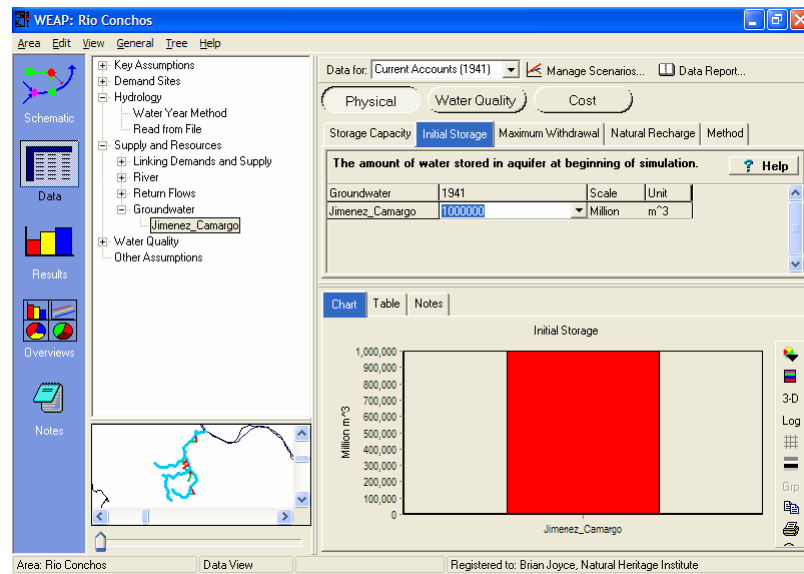
We will not change the default monthly variation values. WEAP assumes that daily water use rates are constant throughout the year, unless they are otherwise specified. Monthly values change according to the number of days in a month.

8. Add groundwater supplies

We will now add access to groundwater supplies for Ciudad Camargo. Add a groundwater node by dragging a Groundwater symbol onto the schematic from the Element window. Give it the name “Jimenez_Camargo” and a Supply Preference of 2.



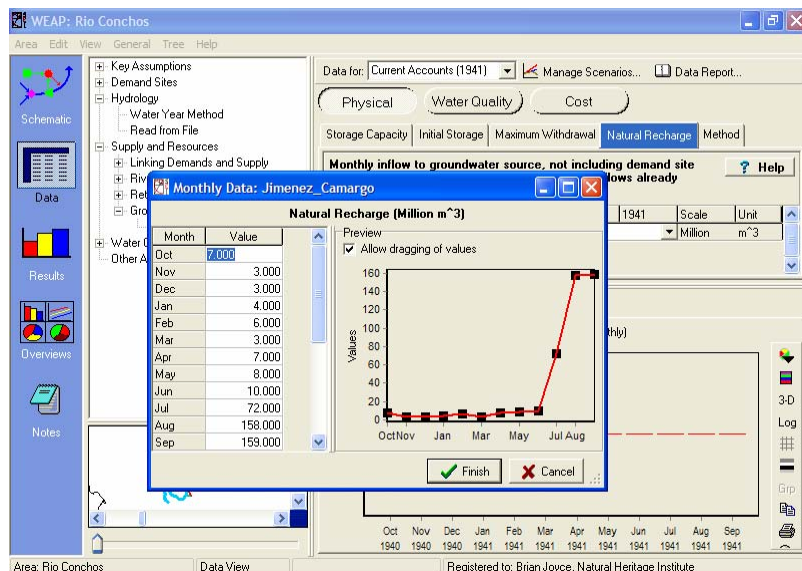
We will now define the physical characteristics of the aquifer. In the Data view, go to the Data Tree and select “*Supply and Resources / Groundwater / Jimenez_Camargo*”. Select the “Initial Storage” tab. The units should already be set to millions m^3 . Enter a value of 1,000,000 in the data entry bar.



Click the Natural Recharge tab. CNA has reported that the Camargo_Jimenez aquifer receives an average of 440 Mm^3 of natural recharge per year. We will assume for now that this recharge is proportional to Rio Florido streamflows. Select the Monthly Time-Series Wizard from the pull-down menu in the data entry bar and enter the following values.

Natural Recharge

- Oct: 7
 - Nov: 3
 - Dec: 3



- Jan: 4
- Feb: 6
- Mar: 3
- Apr: 7
- May: 8
- Jun: 10
- Jul: 72
- Aug: 158
- Sep: 159

Do not enter any data in the Maximum Withdrawals tab. We will assume for now that there is no maximum pumping limit.

9. Rerun the model

Rerun the model to see how adding an urban demand and groundwater supplies have changed our results. To begin the simulation, go to the Results view by clicking on the Results symbol on the left of the main screen. Choose “Yes” when prompted if you want to update the results.

What happened to groundwater storage? Why?

How would groundwater storage be affected if supply priorities were changed for surface water deliveries and groundwater pumping?

How were streamflows and deliveries to irrigation districts affected?
Why?

MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Disaggregating Irrigation Demands

A REVIEW OF

Defining Irrigated Areas 106

October 2005



Natural
Heritage
Institute

Note:

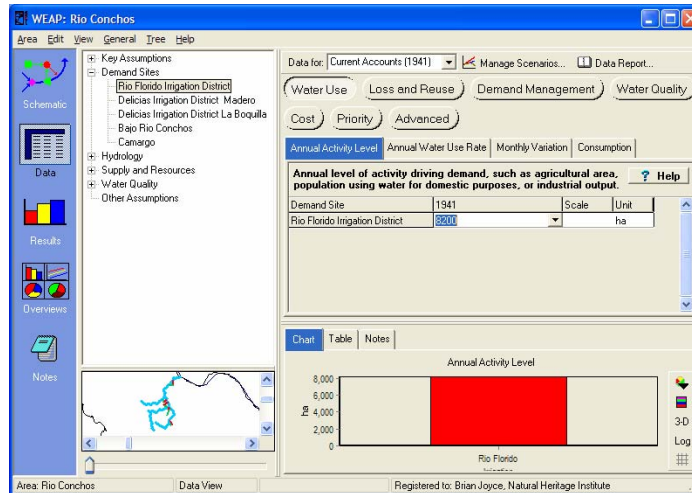
To begin this module, open the “Rio Conchos” area if it is not already open. Go to the Main Menu, select “Revert to Version” and choose the version named “Starting Point for Rio Conchos Applications 4.”

Defining Irrigated Areas

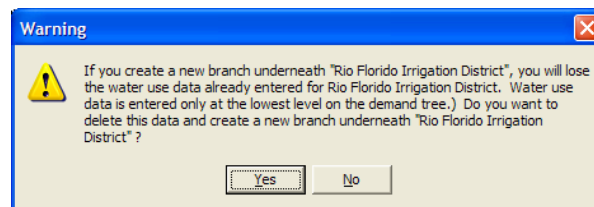
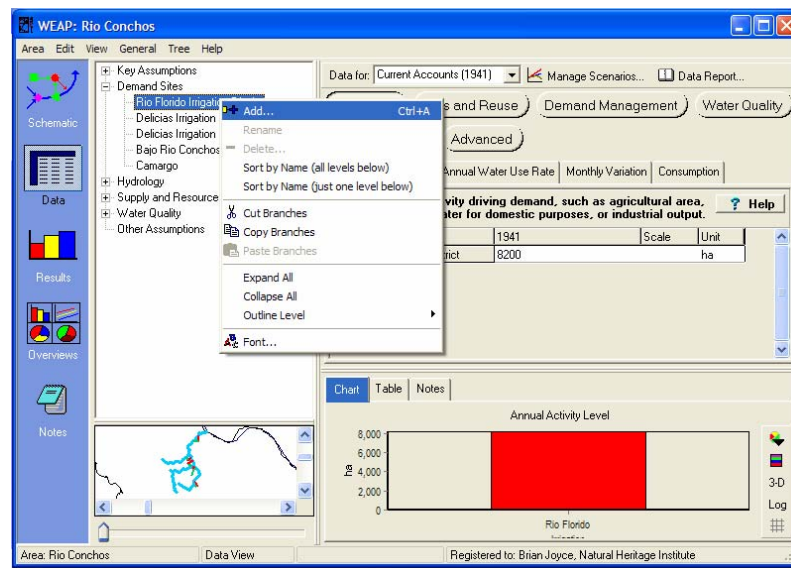
The model that we have been using until now assumes that the total water demands and demand patterns for the three irrigation districts in the Rio Conchos basin remain constant. In reality, we know that these demands will vary from year to year as cropping patterns shift in response to the anticipated availability of water deliveries. In this exercise we will express Rio Florido ID water demands as a function of five land use types, which change depending upon the volume of total annual inflow to San Gabriel reservoir.

10. Replace fixed demand with crop-based demands

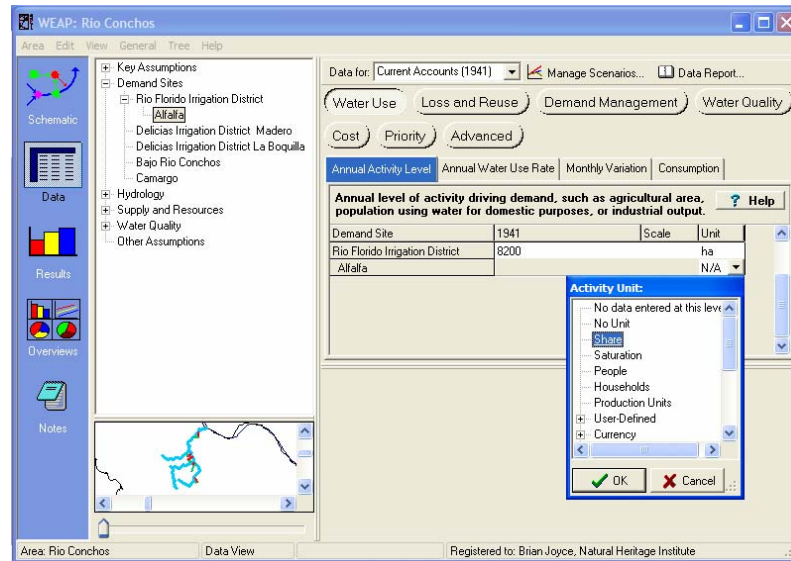
While the cropping pattern within Rio Florido ID may change from year to year, the total irrigable land within the district is assumed to remain constant. Before we add land use data, let’s fix the total land area. Select Rio Florido Irrigation District from the Data Tree and go to the “Annual Activity Level” tab. Set the units as hectares and enter 8200 in the data entry bar.



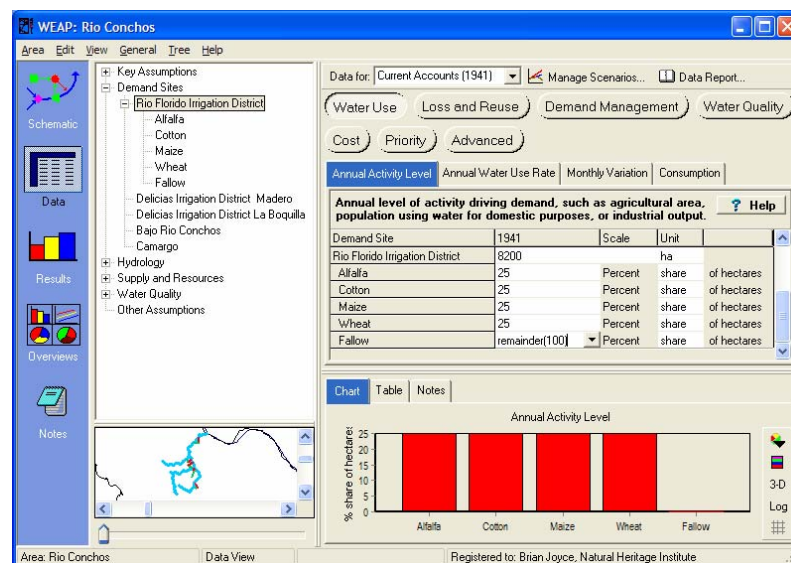
We will now add the five land use types to the Rio Florida ID demand site. To do this, select Rio Florida ID from the Data Tree. Right click and select Add. You will be warned that you will lose the water use data already entered. This is the data that we want to replace anyway. Click Yes.



Name the new branch Alfalfa and assign the units as Share.



Add four more branches and name them Cotton, Maize, Wheat, and Fallow. Give each crop type a share of 25 and assign the remainder as Fallow (i.e. uncropped) areas. Notice that this is a fixed cropping pattern, where each crop type has an equal area. We will use this as a comparison to a scenario with changing cropping patterns.



Add a new Key Assumption called “Crop Water Use Rates.” Add each land use type under this branch and assign the following values. You do not need to specify units here.

Crop Water Use Rate (m³/hectare)

Alfalfa 20000

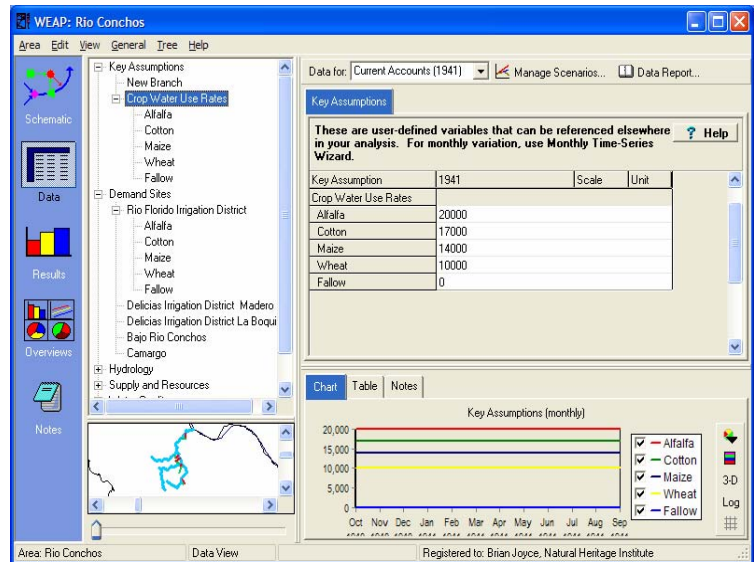
Cotton 17000

Maize 14000

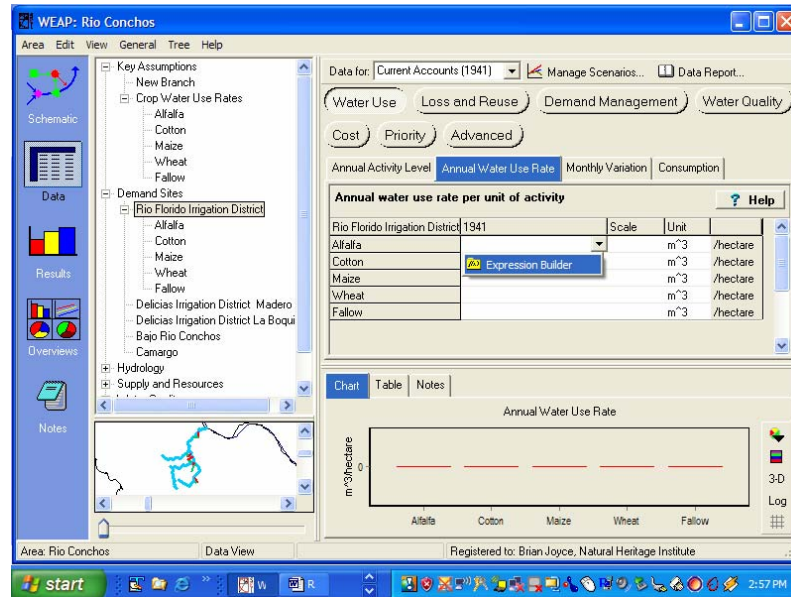
Wheat 10000

Fallow 0

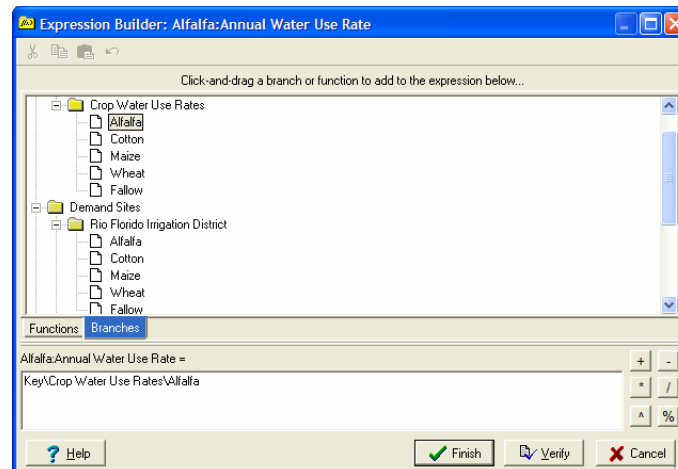
Disclaimer: These numbers were fabricated for the purposes of this exercise. They are intended to reflect both crop water use rates and irrigation efficiencies.



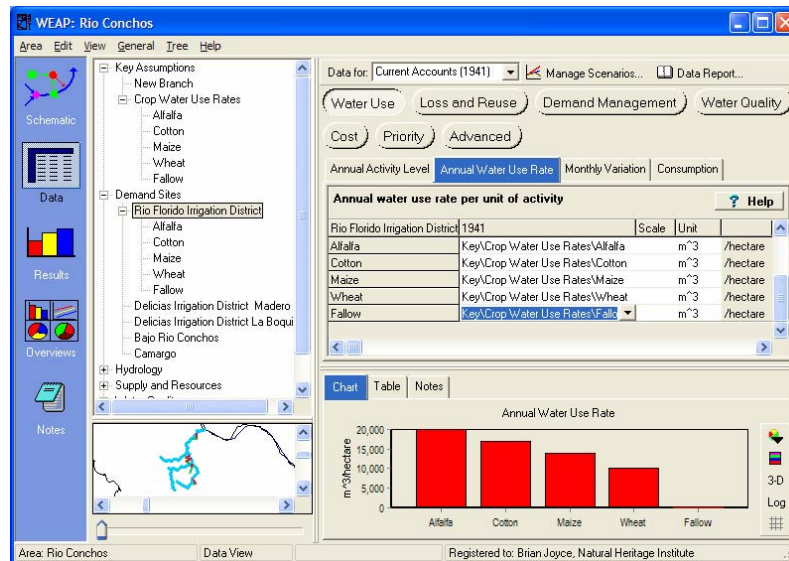
We are now going to assign the crop water use rates that we just defined in the Key Assumptions. Return to Rio Florido Irrigation District in the Data Tree and select the “Annual Water Use Rates” tab. Select the Expression Builder from the pull-down menu in the Alfalfa data entry bar.



Click on the Branches tab and select the “*Key Assumptions / Crop Water Use Rates / Alfalfa*”. Left click on the branch and drag it into the expression window at the bottom of the dialog page. Click Finish.



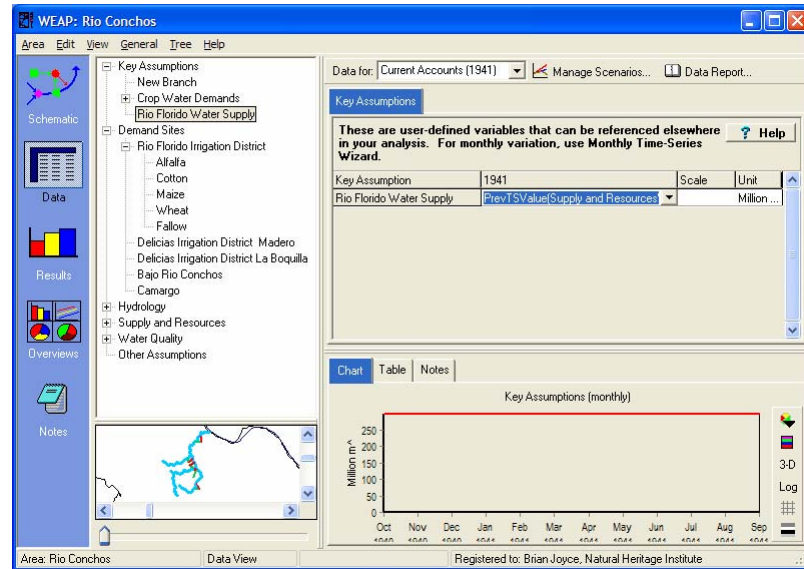
Repeat the same procedure for each of the other land use branches in Rio Florido ID. Your page should look like this.



11. Apply rules for changing cropping pattern

We are now going to add a variable that calculates the total annual inflow to San Gabriel reservoir. We will use this as a basis for determining Rio Florido ID cropping patterns. Go to Key Assumptions and add a branch called “Rio Florido Water Supply.” Go to the Expression Builder and enter the following expression

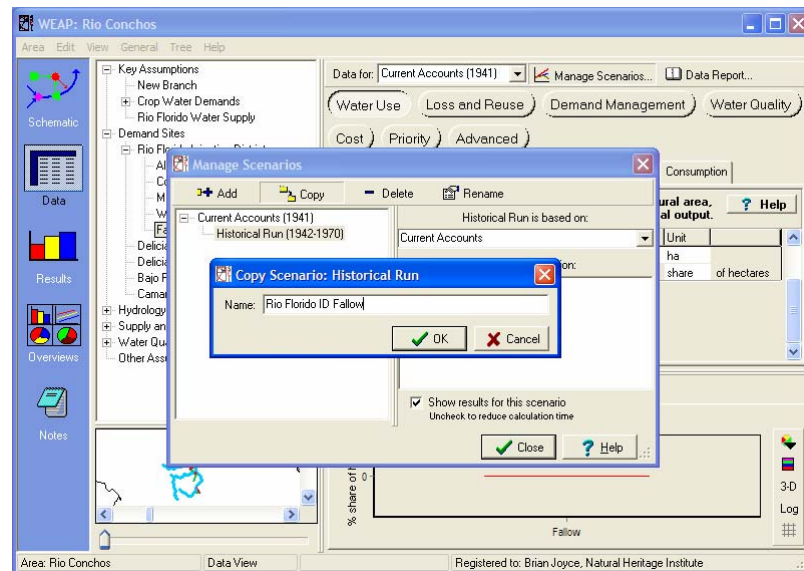
PrevTSValue(Supply and Resources\River\Rio Florido:Headflow,TS,TS-12,0)



The PrevTSValue command is used to reference prior values from the current simulation. The function can also be used to look at future values by putting a negative value as the time index. In this case, we are summing Rio Florido headflows over the entire water year. We are looking at values as far back as the first month of the water year (TS = 1) and forward to the last month (TS = 12). This implies that we can assess the year's water supply before we make cropping decisions. In the next chapter we will replace this perfect forecasting approach with an assessment of water storage conditions at the time of planting. (**Note:** In order to use the PrevTSValue function, you need to create a blank file named "ResultRefs.YES" and place it in the area directory (i.e. Program Files / WEAP21 / Rio Conchos). If you encounter errors, make sure that this file is present. Also, be aware that accessing previous values will make the model much slower to run.)

We want to compare results of a scenario with variable cropping patterns to one in which the cropping pattern is held constant. To do this, we need to set up another scenario before we can apply cropping decision rules. Go to the Manage Scenarios window. Make a copy of the Historical Run and name it "Rio

Rio Florido ID Fallow.” Make sure there is a check mark next to “Show results for this scenario.” Click OK.



Select the “Rio Florido ID Fallow” scenario from the Data For field. We will now be editing only the data that applies to this scenario.

Return to the Rio Florido Irrigation District branch in the Data Tree. Select the “Annual Activity Level” tab. Open the Expression Builder in the data entry tab for Fallow and enter the following expression.

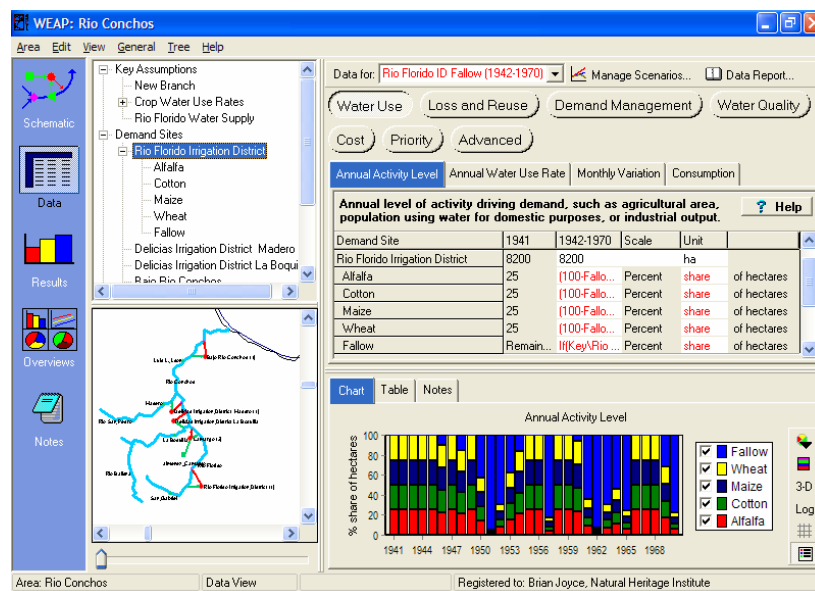
If(Key\Rio Florido Water Supply<150,100-100(Key\Rio Florido Water Supply)/150,0)*

This expression states that if the total annual inflow to San Gabriel reservoir is less than 150 Mm³, then we will increase the amount of land that is fallowed by an amount proportional to the inflow deficit, defined as the amount of inflow less than 150 Mm³. For example, if inflows are only 100 Mm³, then one-third of the land will be left fallow. (An aside: Reducing the crop acreage could imply that economic outputs are similarly reduced. However, one may also argue

that preemptive idling of land could result in increased productivity per acre planted and fewer losses due to abandoned crops.)

We will assume that the remaining land is distributed equally between the other four land uses. For each of these branches, open the Expression Builder and enter the following expression:

$$(100 - \text{Fallow}) / 4$$

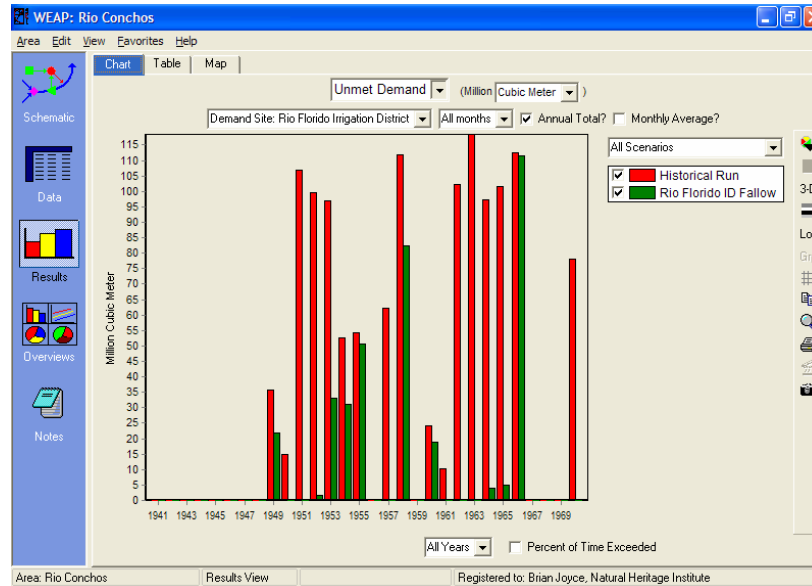


Notice that all the data that we entered is highlighted in red to indicate that the data is unique to this scenario.

12. Rerun the model

Rerun the model to see how changing cropping patterns has changed our results. To begin the simulation, go to the Results view by clicking on the

Results symbol on the left of the main screen. Choose “Yes” when prompted if you want to update the results.



We can now see that following land in dry years has greatly reduced the unmet demand in Rio Florida. How did the reduced demands in Rio Florida ID affect deliveries to other Irrigation Districts? How were streamflows affected?

MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Rainfall-Runoff Modeling and Water Allocation

A REVIEW OF

Creating a Catchment.....	118
Supply Allocation	129

October 2005



Natural
Heritage
Institute

Note:

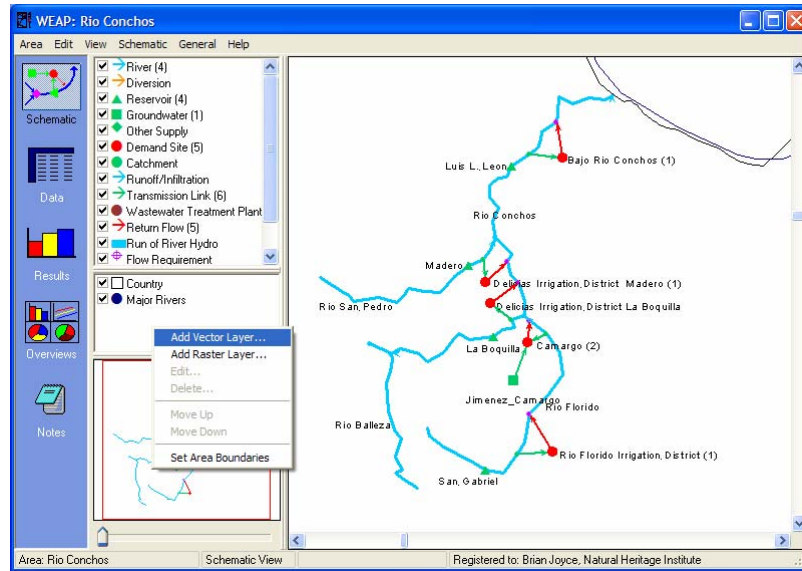
To begin this module, open the “Rio Conchos” area if it is not already open. Go to the Main Menu, select “Revert to Version” and choose the version named “Starting Point for Rio Conchos Applications 5.”

Creating a Catchment

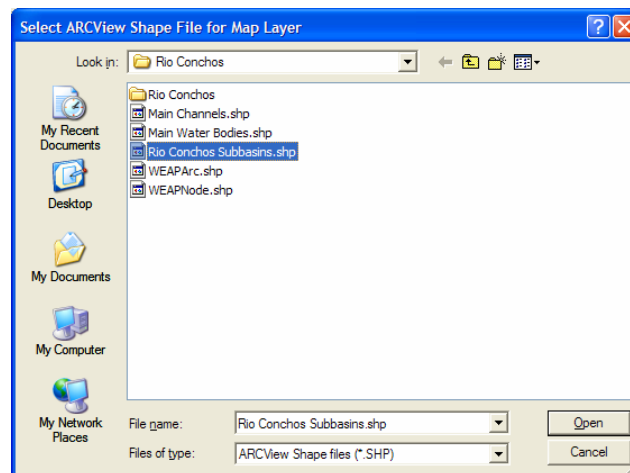
The timing and quantity of reservoir inflows determine the availability of water for irrigation and municipal delivery. So far, we have assigned reservoir inflows based upon an external analysis of historical data. This approach works well when calibrating certain model parameters (e.g. reservoir operations, deliveries). When considering alternative future scenarios, however, we do not have the same level of confidence in these inputs. Changing land use and new patterns of seasonal temperature and precipitation will influence the distribution of rainfall between infiltration, evapotranspiration, and runoff. In this exercise we will replace the pre-defined Rio Florido headflows with a rainfall runoff routine.

13. Add catchment shapefile to schematic view

The Rio Conchos basin has been divided into several catchments. These catchments are generally defined by the areas upstream of points of interest or significant features within the basin. Add to your schematic a GIS shapefile showing Rio Conchos catchments by right clicking in the middle window to the left of the Schematic and selecting “Add a Vector Layer”.

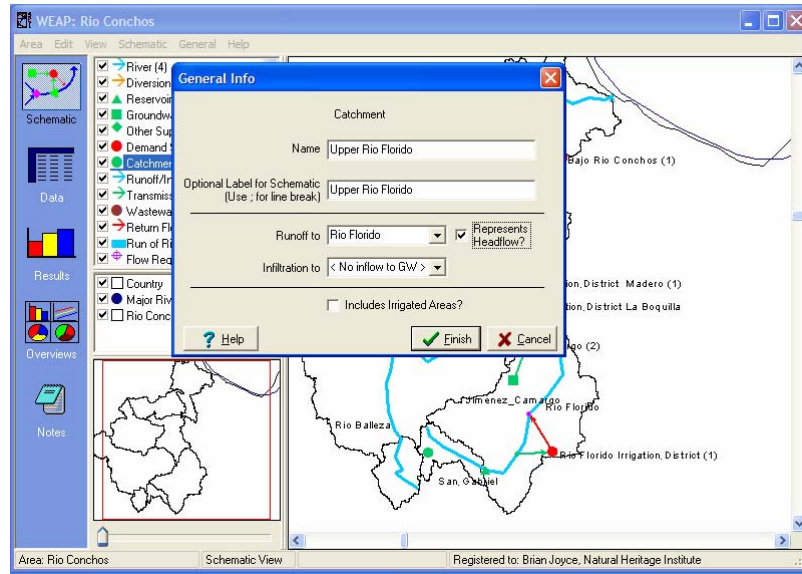


In the selection window, navigate to the Rio Conchos WEAP directory (“C: Program Files / WEAP21 / Rio Conchos”) and choose “Rio Conchos Subbasins.shp”.

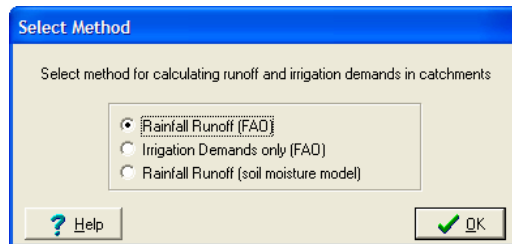


14. Add catchment node

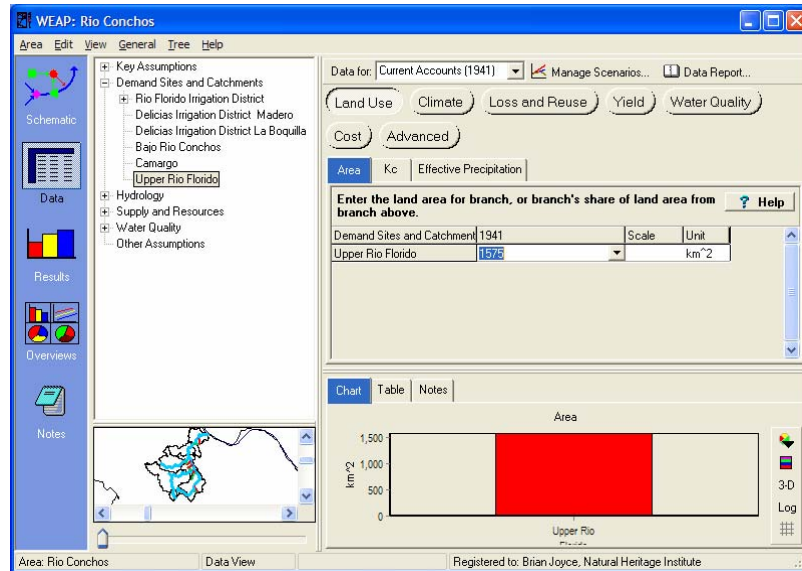
Pull a Catchment node symbol onto the schematic from the Element window, releasing the click when you have positioned the node along the Rio Florido upstream of San Gabriel reservoir. Enter the name “Upper Rio Florido.” Select Rio Florido in the “Runoff to” field and check the box marked “Represents Headflow.” This will automatically replace the ReadFromFile format of headflows that we used for the previous exercises.



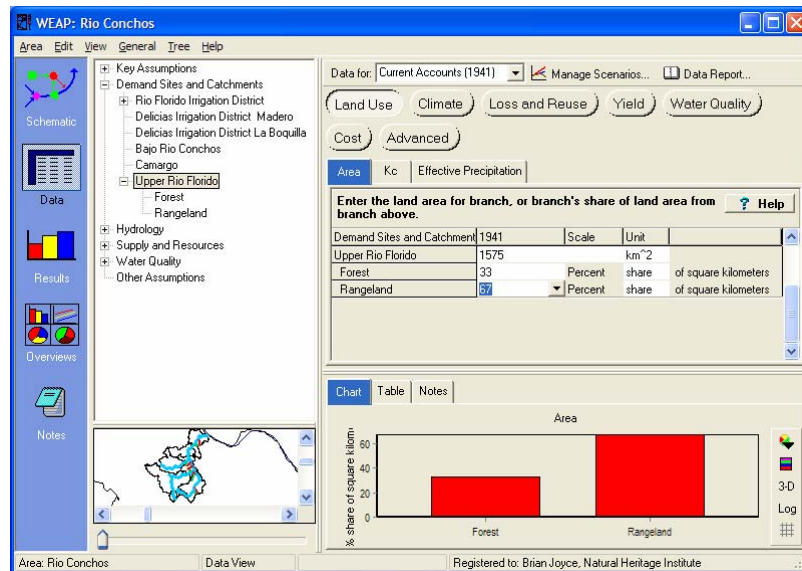
We are now going to enter data for the catchment node. Go to the Data View by clicking the Data symbol. Select Upper Rio Florido in the Data Tree. Select the FAO Rainfall Runoff method when prompted.



If it is not already open, go to the Area tab in the Land Use window. Set the units to km^2 and enter 1575 in the data entry bar.



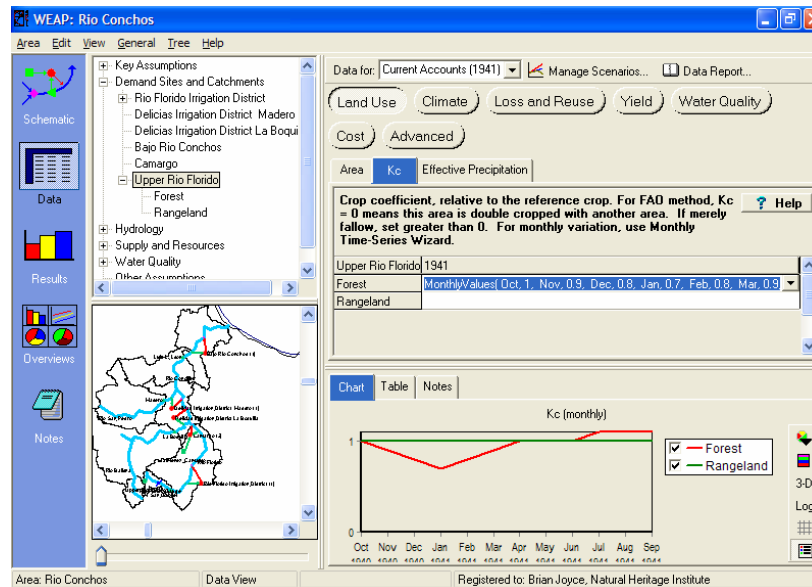
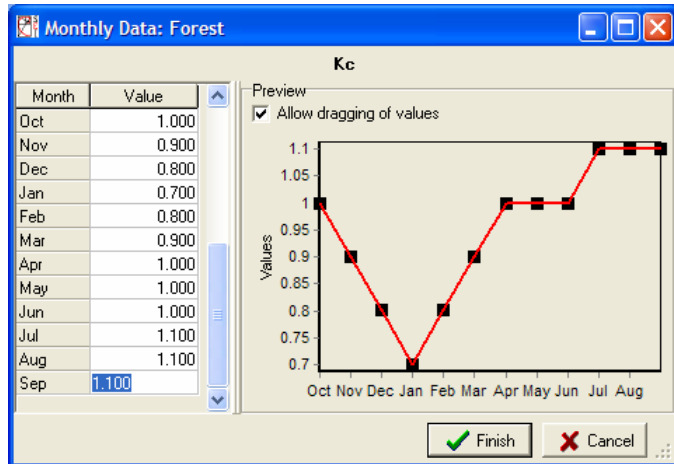
Add two new branches under Upper Rio Florido. Name them “Forest” and “Rangeland.” In the Area tab, assign Forest a share of 33 percent and Rangeland the remaining share of 67 percent.



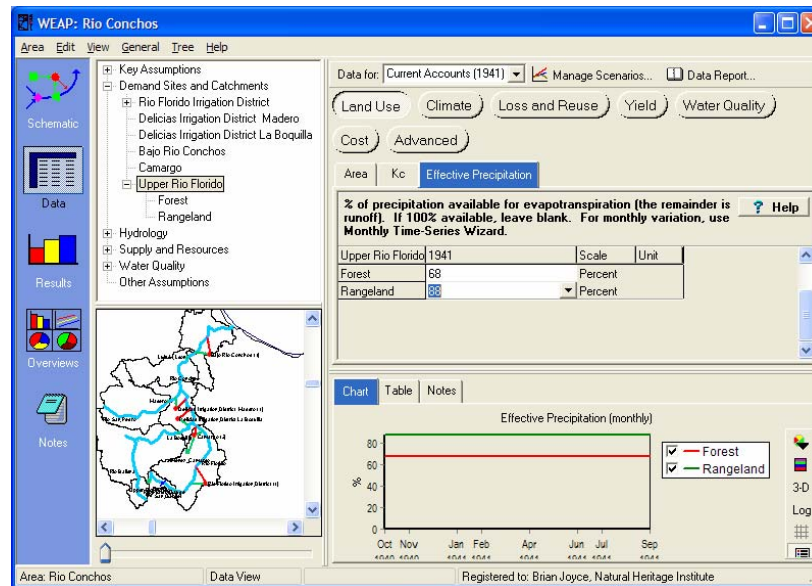
We are now going to assign ET crop coefficients. Click on the Kc tab. The default reference crop coefficient is 1.0 for all months. We will use this default value for Rangelands. In the data entry bar for Forest, select the Expression Builder and enter the following values.

Forest Kc

- Oct: 1.0
- Nov: 0.9
- Dec: 0.8
- Jan: 0.7
- Feb: 0.8
- Mar: 0.9
- Apr: 1.0
- May: 1.0
- Jun: 1.0
- Jul: 1.1
- Aug: 1.1
- Sep: 1.1

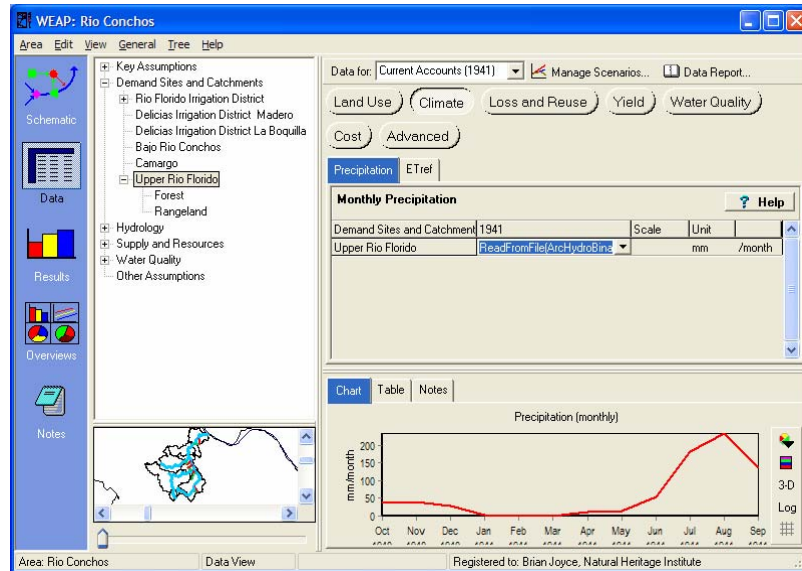


We are going to set the percentage of rainfall that is available to evapotranspire. Leaving this field blank assumes that all rainfall can be lost to the atmosphere. Click the Effective Precipitation tab. Set the effective precipitation to 68 percent for Forest and 88 percent for Rangeland.



We are now going to enter the climate data that will be used as inputs for calculating runoff to Rio Florida. Go to the Climate window by clicking on the appropriate button. In the Precipitation data entry bar enter the following expression

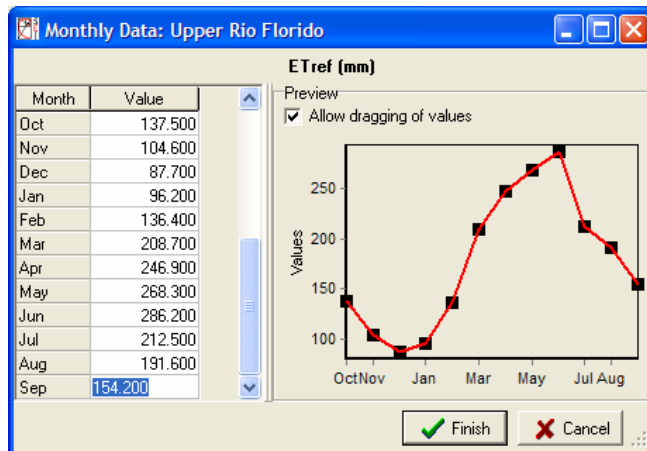
ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, Mexico_TimeSeries_RioFlorida, FeatureID, 2020800006, TSDateTime, TSValue)



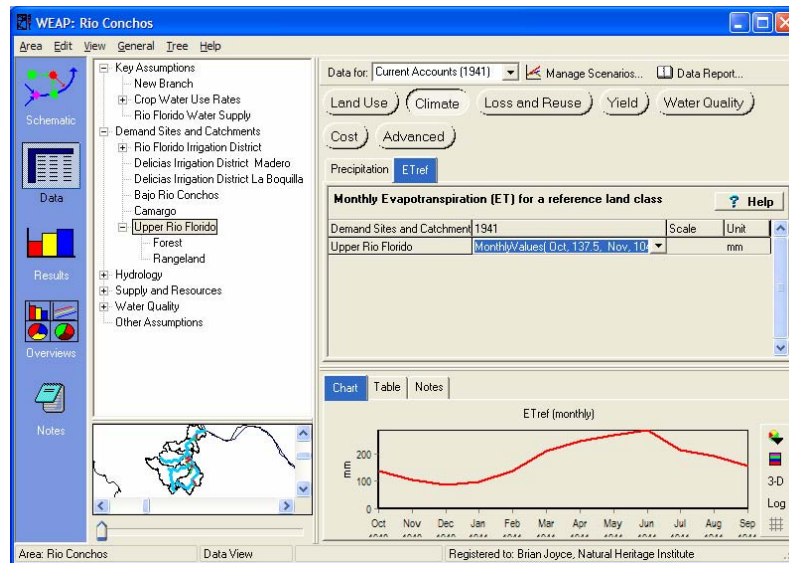
Click on the ETref tab. Set the units to mm. Open the Monthly Time-Series Wizard in the data entry bar and enter the following values.

Reference ET (mm)

- Oct: 137.5
- Nov: 104.6
- Dec: 87.7
- Jan: 96.2
- Feb: 136.4
- Mar: 208.7
- Apr: 246.9
- May: 268.3
- Jun: 286.2
- Jul: 212.5
- Aug: 191.6
- Sep: 154.2

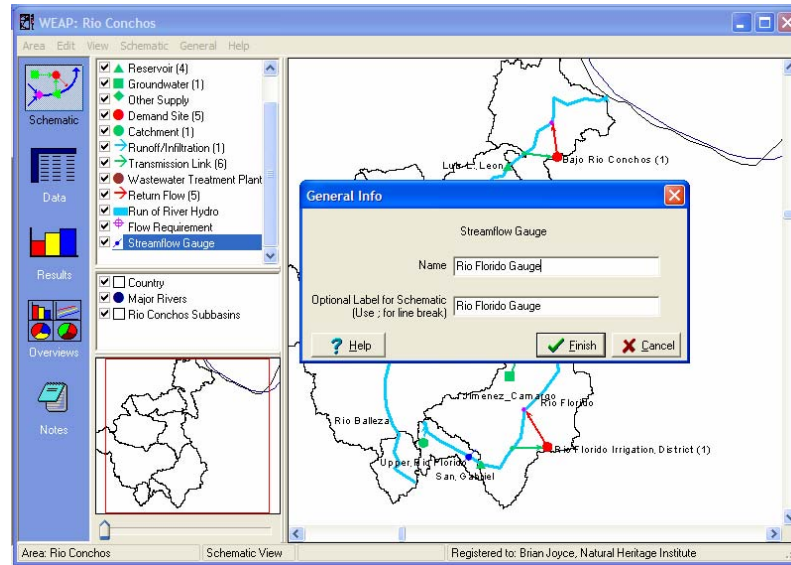


These values are monthly averages from the period Aug 1956 to Dec 1984.



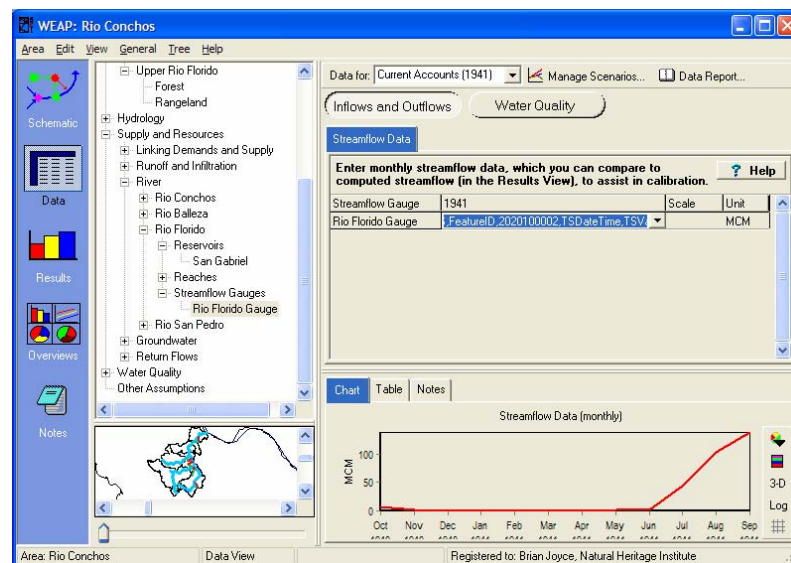
15. Add streamflow gauge

Streamflow gauges can be added to WEAP as reference points for model results. These are useful during model calibration. We will add a gauge on the Rio Florido to assess the performance of the rainfall-runoff routine that we just added. Pull a Streamflow Gauge symbol onto the schematic from the Element window, releasing the click when you have positioned the node along the Rio Florido upstream of San Gabriel reservoir. Enter the name “Rio Florido Gauge.”



We will reference the same data that we previously used as Rio Florido headflow. In the Data Tree, go to “*Supply and Resources / River / Rio Florido / Streamflow Gauges.*” Enter in the following expression in the data entry bar.

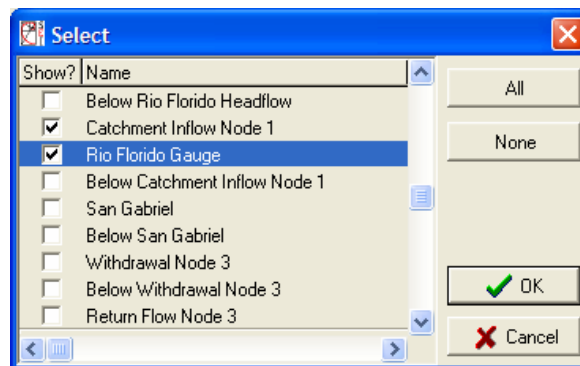
ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, TCEQ_NaturFlows_MontCMS, FeatureID, 2020100002, TSDatetime, TSValue)

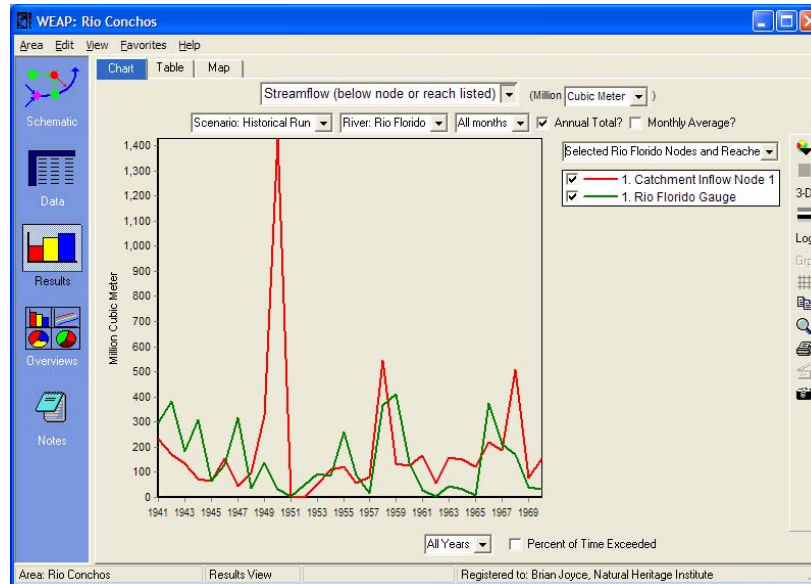


16. Rerun the model

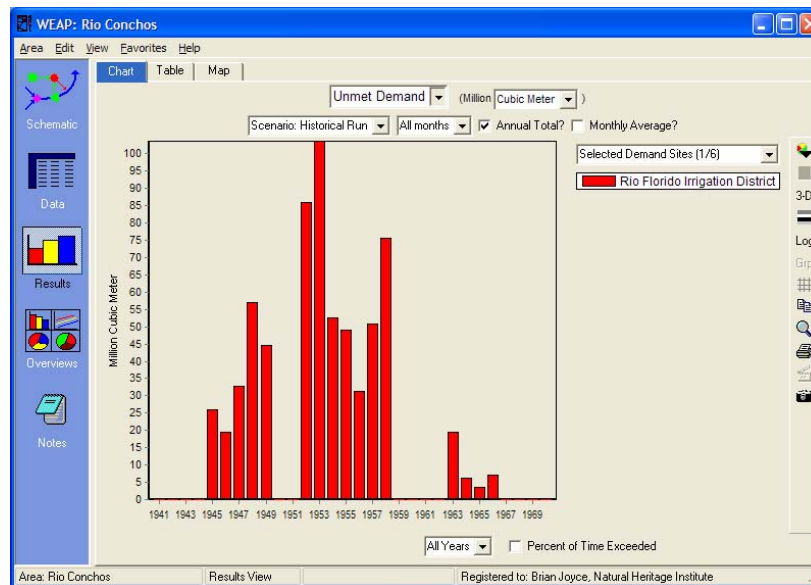
Rerun the model to see how implementing the FAO rainfall runoff method has changed our results. To begin the simulation, go to the Results view by clicking on the Results symbol on the left of the main screen. Choose “Yes” when prompted if you want to update the results.

Let’s look first at modeled streamflow for Rio Florido above San Gabriel reservoir. Select “Supply and Resources / River / Streamflow” and click Annual Total. From the pulldown menu on the right side of the screen, choose Selected Rio Florido Nodes and Reaches. To compare modeled streamflows to TCEQ naturalized flow data choose the two locations shown below.





Look at Unmet Demands for Rio Florida ID. Refer back to previous results on page 37. How did the runoff model affect unmet demands?

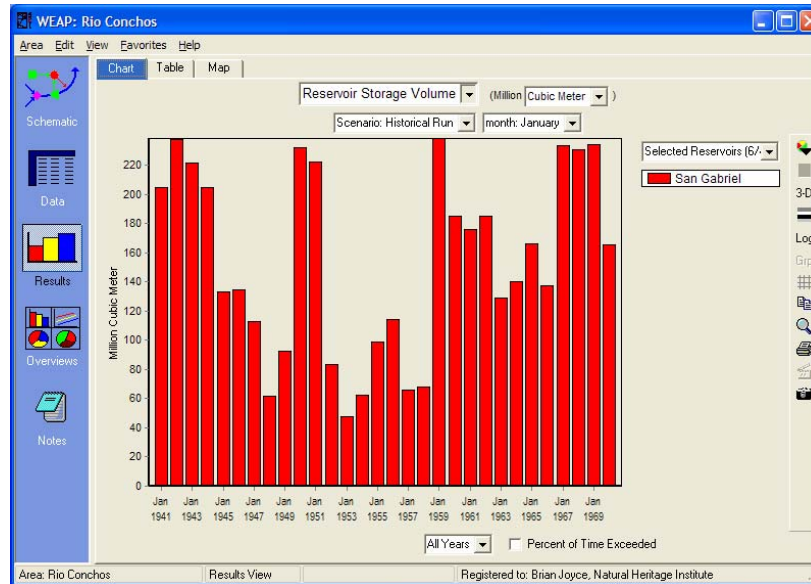


Supply Allocation

Using the FAO rainfall-runoff method to represent Rio Florido headflows has drastically altered inflows to San Gabriel reservoir. Clearly, further refinement of the model will be necessary to make it useful in the context of water resources planning in the basin. Before we endeavor to calibrate this model, however, let's investigate its impact on our current model.

In the previous chapter, we created a scenario that varied Rio Florido ID cropping patterns in response to annual changes in water supply. This approach assessed supplies using a perfect forecasting of flows to determine total annual inflow of water to San Gabriel reservoir. A more common approach for allocating water to agriculture is to make a determination of water availability at the time of planting based upon current reservoir storages. In this exercise, we will update our scenario to evaluate Rio Florido water supplies based upon reservoir storage at the beginning of the growing season (i.e. February 1st).

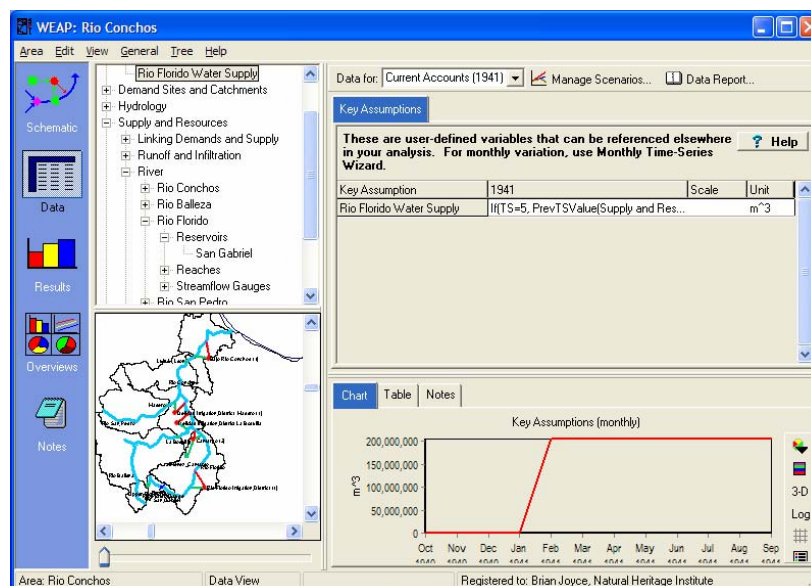
The graph below is taken from our previous model run. This graph shows end-of-January reservoir storage levels for San Gabriel. Comparing this graph to the Rio Florido unmet demands, it appears that shortages occur when San Gabriel storages are below 140 Mm^3 at the beginning of the growing season. We will use this information to create rules for cropping decision making.



17. Update Rio Florido Water Supply calculation

In the Key Assumptions, select Rio Florido Water Supply. Enter the following expression in the data entry tab.

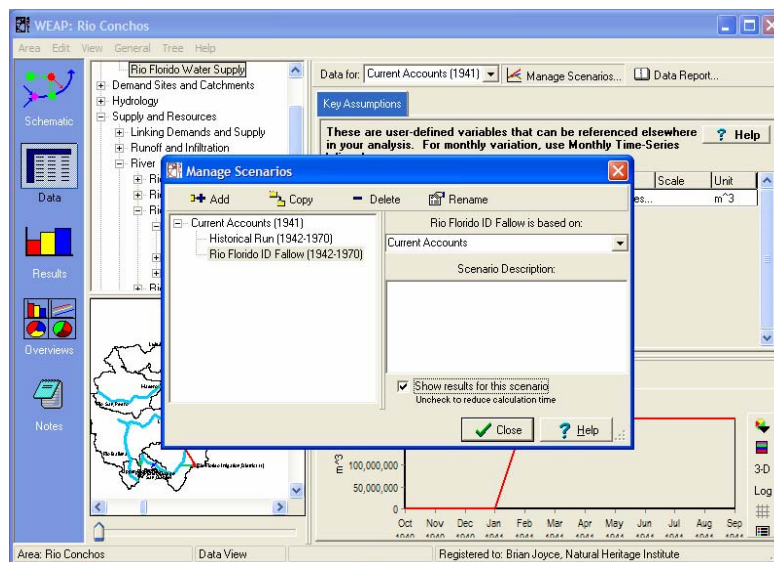
If(TS=5, PrevTSValue(Supply and Resources \ River \ Rio Florido \ Reservoirs \ San Gabriel: Storage Volume), If(and(TS<5, Y=1941), 0, PrevTSValue(Rio Florido Water Supply)))



This statement updates Rio Florido Water Supply in February (TS = 5) and holds it constant until the following February. We are now neglecting forecasted inflows and assuming that Rio Florido water supplies can be approximated by assessing the beginning-of-year water storage in San Gabriel reservoir.

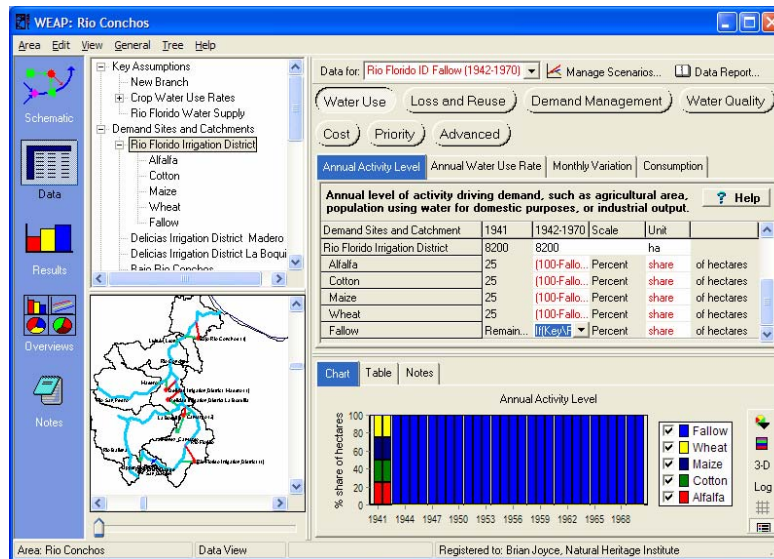
18. Activate scenario

The scenario that we created in the last chapter to look at changing cropping patterns was not active in the previous model run. This is the scenario that we are going to use to look at allocating water supplies. Let's reactivate the scenario. Click the Manage Scenarios button and select the Rio Florido ID Fallow scenario. Click the radio button in the lower right, next to "Show results for the scenario." Click OK.



In the last chapter we defined a water supply threshold below which agricultural land was left fallow. This was based upon annual reservoir inflows. We are going to update this threshold based upon end-of-January water storage in San Gabriel reservoir. We will assume that fallowed land is increased in proportion to the water storage deficit, defined as the amount of end-of-January reservoir storage below 140 Mm³. Switch to the Rio Florido ID Fallow scenario in the Data For window. In the Data Tree, go to "Demand Sites and Catchments / Rio Florido Irrigation District." In the data entry bar for Fallow enter the following expression.

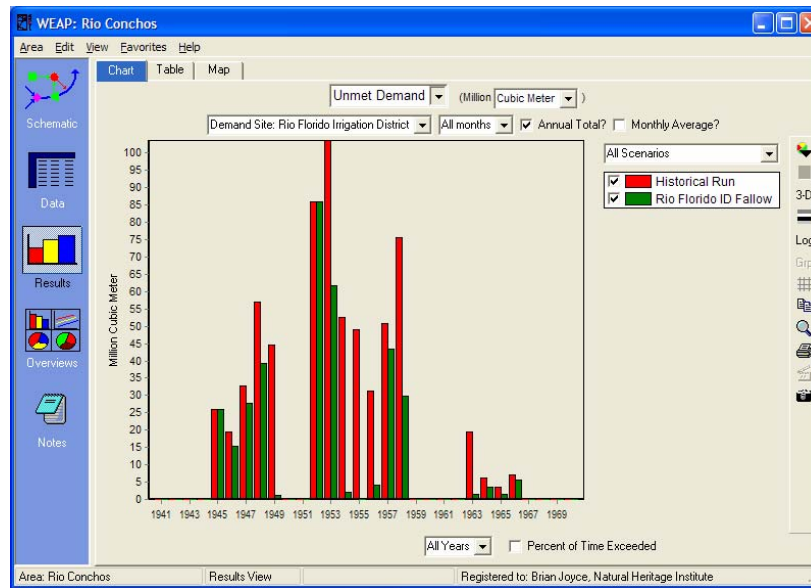
$$\text{If}(\text{Key} \backslash \text{Rio Florido Water Supply} < 140000000, 100 - 100 * (\text{Key} \backslash \text{Rio Florido Water Supply}) / 140000000, 0)$$



19. Rerun the model

Rerun the model to see how changing cropping patterns based upon reservoir storage has changed our results. To begin the simulation, go to the Results view by clicking on the Results symbol on the left of the main screen. Choose “Yes” when prompted if you want to update the results.

View the Rio Florido ID Unmet Demands for both scenarios. Notice that we have not improved deliveries for all years. Why? What could we do to reduce unmet demands?



MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Modeling ET and Irrigation Demand

A REVIEW OF

Defining Land Use within a Catchment	135
Comparing Land Use Scenarios.....	143

October 2005



Natural
Heritage
Institute

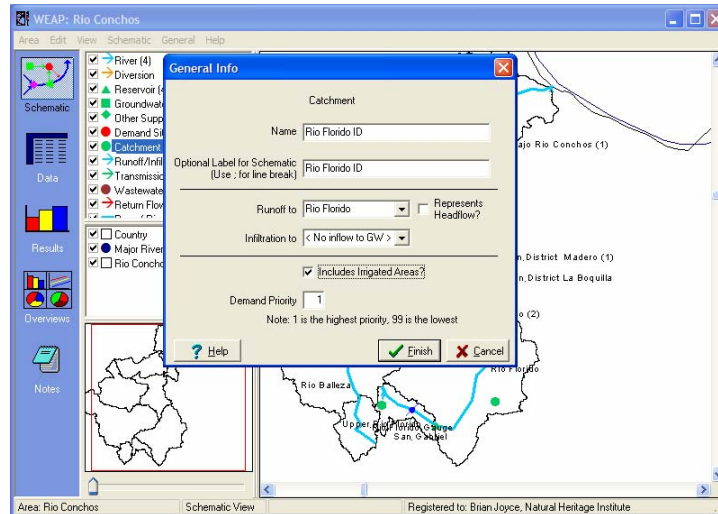
Note:

To begin this module, open the “Rio Conchos” area if it is not already open. Go to the Main Menu, select “Revert to Version” and choose the version named “Starting Point for Rio Conchos Applications 6.”

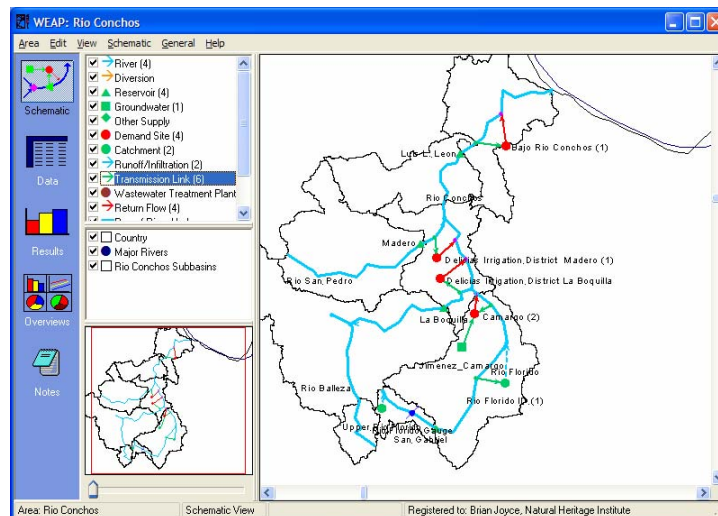
Defining Land Use within a Catchment

In the previous exercises, we represented irrigation demands as fixed values that were independent of water supply and climatic conditions and as variable demands that changed depending upon cropping pattern decisions. Neither representation considered the effect of climatic inputs (i.e. precipitation and ET) on crop water demands. In this chapter we will implement a more physically based representation of irrigation demands that considers various crop types and climatic inputs.

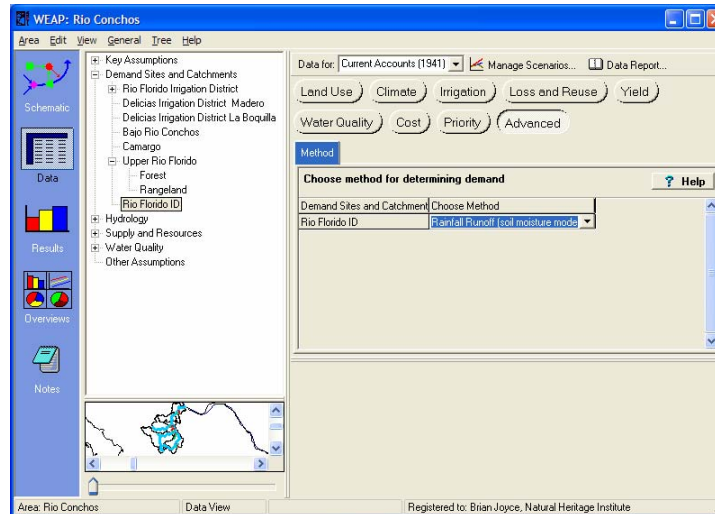
We are first going to replace the Rio Florido ID demand node with a catchment node. Go to the Schematic View. Right click on the Rio Florido ID demand node and select Delete. Also, delete Return Flow Node 3 and Withdrawal Node 3 that are located on Rio Florido. Pull a catchment node onto the schematic from the Element window and place it in the same location as the demand node you just deleted. Give it the name Rio Florido ID. Choose Rio Florido as the river to route runoff to and check the box next to ‘Includes irrigated areas.’ Give it a demand priority of 1.



Add a Transmission link from Rio Florido to the new catchment node and give it a supply priority of 1.



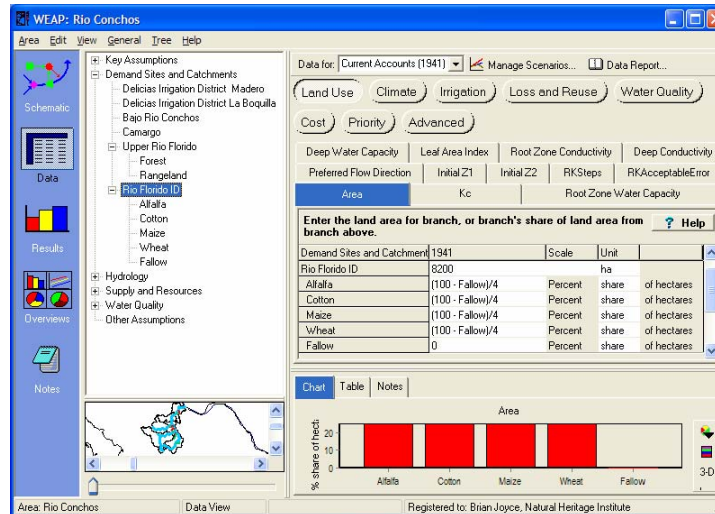
Before we begin entering land use and climate data, we need to tell WEAP which routine we want to use for calculating rainfall-runoff and irrigation demands. In the Data view, select Rio Florido ID from the Data Tree. Go to the Advanced window and select “Rainfall Runoff (soil moisture model)” from the pulldown menu.



20. Entering land use data

Return to the Land Use window. We need to reset the land area and land use types. Set the units for Rio Florido ID to ha and enter a value of 8200. Under the Rio Florido ID branch, add the same five land use types that we used previously- Alfalfa, Cotton, Maize, Wheat, and Fallow. For each of the land use types, set the units to Share. Give Fallow a value of 0 and split each of the remaining branches equally by using the following expression:

$$(100 - \text{Fallow})/4$$



We are now going to enter data that will determine the water consumption and subsurface flow routing for each of the catchment sub-areas (i.e. each crop type). The soil moisture model requires that parameters be defined for two subsurface compartments (or “buckets”): the root zone and deep soil. Within the root zone, model parameters are set for each catchment sub-area, because its soil water balance is affected by land use type. In the deep soil, below the root zone, model parameters for water flow are assumed uniform over the catchment area.

Let’s set the deep soil parameters first. At the appropriate tab, enter the following data:

Deep water capacity *2000 mm*

Deep conductivity *250 mm/mo*

For the remaining parameters, enter the following data at the appropriate tab:

Land use type	Crop Coefficient, Kc	Leaf Area Index	Prefe rred Flow Direction	Root Zone Water Capacity (mm)	Root Zone Conductivity (m/mo)	
a	Alfalf	0.9	5	0.2	500	150
n	Cotto	0.9	4	0.2	500	150
e	Maiz	0.8	4	0.2	500	150
t	Whea	0.9	5	0.2	700	150
w	Fallo	Blank	1.8	0.2	800	150

* These values were fabricated for the purposes of this exercise. Similar values were selected for each crop type to facilitate comparison of model results. To view the effect of the crop coefficient, compare results for Cotton and Maize. To view the effect of Leaf Area Index, compare results for Alfalfa and Cotton. To view the effect of Root Zone Water Capacity, compare results for Alfalfa and Wheat.

21. Entering climate data

Go to the Climate window. We will use the same format to reference precipitation as we previously did for the Upper Rio Florido. In fact, we will read the same precipitation data for Rio Florido ID, because the records within the district are incomplete for the period 1940 to 1970. In the Precipitation data entry bar enter the following expression:

ReadFromFile(ArcHydroBinational.mdb, Mexico_TimeSeries_RioFlorido, FeatureID, 2020800006, TSDateTime, TSValue)

Notice that WEAP now requests several other climate parameters in addition to precipitation. The soil moisture model requires Temperature, Humidity, Wind, and Latitude to calculate the reference evapotranspiration using the Penman-Montieth equation. For these, we will use the averaged monthly values listed in the table below. The remaining parameters are used to calculate snow accumulation and melt. We will leave these blank.

Go to the Climate window and enter the following data:

Month	Temperature (°C)	Humidity (%)	Wind (m/s)
Oct	18.9	35	4.5
Nov	14.4	38	4.5
Dec	12.8	44	4.9
Jan	12.2	42	4.5
Feb	14.4	36	4.5
Mar	17.2	27	4.5
Apr	20.0	24	4.5
May	23.3	22	4.9
Jun	26.7	24	4.9
Jul	25.6	37	4.9
Aug	24.4	43	4.5
Sep	22.2	42	4.5

These are reported average values for Chihuahua, MX.

22. Entering irrigation data

Go to the Irrigation window by clicking the appropriate button. We will assume that water is delivered to each cropped area for irrigation from February through September. Do not enter any data for Fallow. In the data tab for each crop type enter the following data:

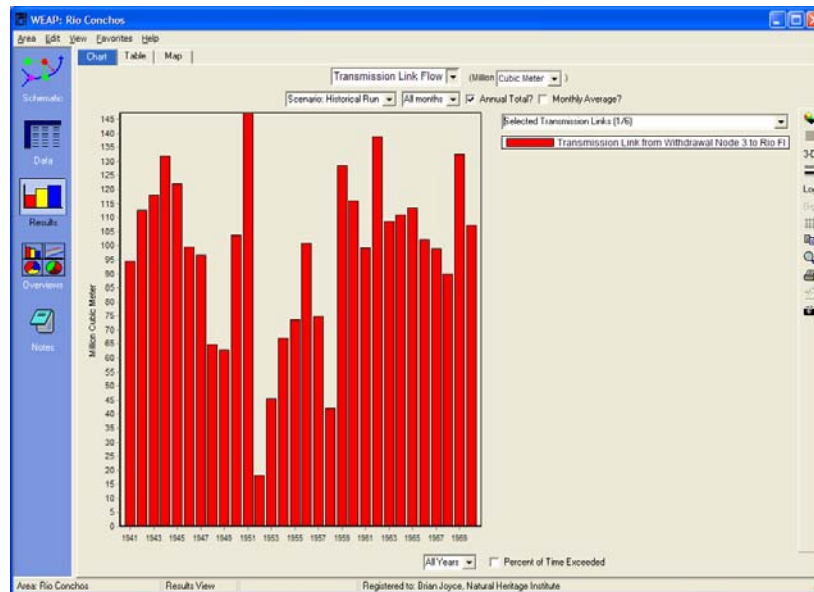
Irrigated Area

Oct – Jan 0 percent

Feb – Sep 100 percent

23. Compare model results for different crop types

Let's rerun the model to see water consumption and flow routing within each crop type. We'll look first at some general results for the Rio Florido ID catchment node. To view total annual surface water deliveries, go to "*Supply and Resources / Transmission Link / Flow*" in the results page. Select the "Transmission Link from Withdrawal Node 3" and click the box next to Annual Total. As we would expect, deliveries are smaller in years when precipitation was low.

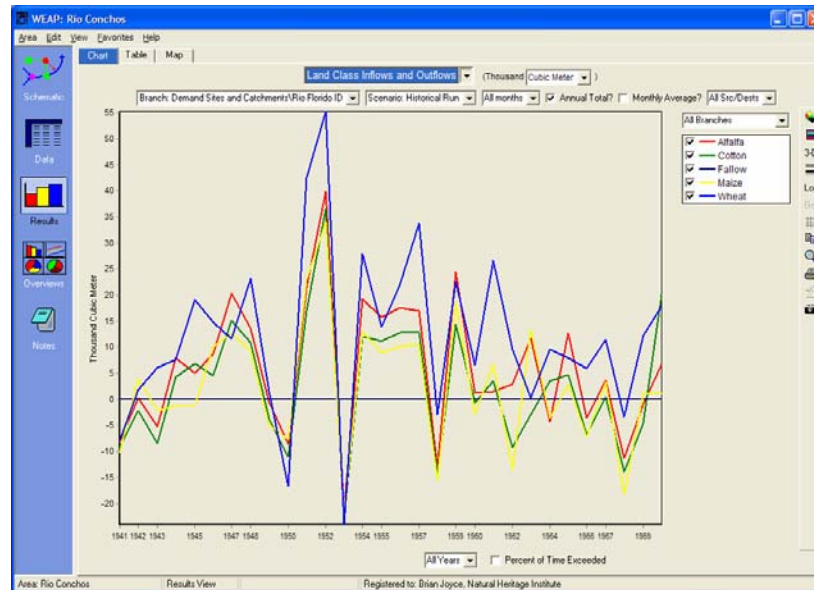


To view the water consumption within the district, select “ETActual (including irrigation)” from the Catchment results. Notice that consumption varies with fluctuating water deliveries.



Let's compare water usage within the different crop types. Go to “Land Class Inflows and Outflows” in the catchment results. Select the Line chart type from the menu on the right of the screen. Notice that values can be both positive and negative. Negative values indicate years in which runoff and return flow exceeded surface water deliveries. (Precipitation, in this case, is not considered

and inflow). Recall that acreages were equal for each crop; Cotton and Maize differed only in their values for K_c ; Alfalfa and Cotton differed only in their values for Leaf Area Index; and Alfalfa and Wheat differed only in their values for Root Zone Water Capacity. How did these parameters affect water consumption and routing? What is your sense of model sensitivity to each of these parameters?



Comparing Land Use Scenarios

So far, we have applied the soil moisture runoff and ET module to a fixed land use scenario. Let's rerun the model with the variable cropping pattern scenario that we developed in the previous chapters. We need to reactivate the "Rio Florido ID Fallow" scenario and reenter the logic for fallowing land in dry years. Refer back to pages 50-51 for these two steps.

Rerun the model and compare results for the two scenarios.

MODELING THE RIO CONCHOS

Rio Grande/Rio Bravo Physical Assessment Project

Creating and Running Scenarios

A REVIEW OF

Setting Flow Requirements.....	145
Adjusting Demand Priorities	150

October 2005



Natural
Heritage
Institute

Note:

To begin this module, open the “Rio Conchos” area if it is not already open. Go to the Main Menu, select “Revert to Version” and choose the version named “Starting Point for Rio Conchos Applications 7.”

In the previous chapters we applied to the Rio Florido and Rio Florido ID some of the routines within WEAP for modeling water supplies and demands. A more complete representation of the Rio Conchos will require expanding these concepts to other catchments within the basin. Once the physical and operational features of the basin have been adequately characterized, the model can then be used to assess the ability of the water supply system to meet various contract and institutional obligations. In this chapter we will look at some of the ways in which WEAP may be used to perform this type of analysis. In particular, we will create scenarios and assess the tradeoffs of various delivery priority arrangements.

Setting Flow Requirements

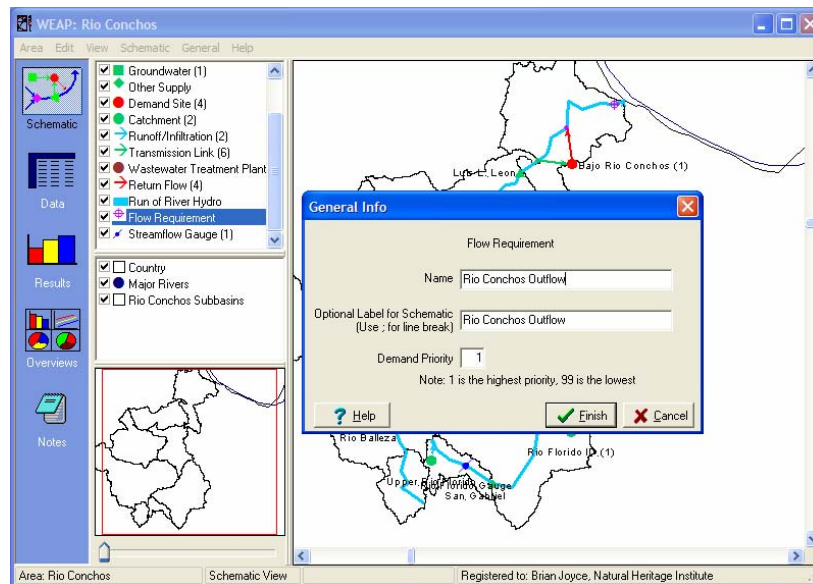
The Rio Conchos is the largest and most upstream of the Mexican tributaries to the lower Rio Grande. The Conchos supplies roughly 35% to 40% of the total flow volume of the lower Rio Grande. This makes the Conchos critical to downstream flows, storage in the international Amistad and Falcon reservoirs, and flow to the estuary at the mouth of the Río Grande.

In recent years, the U.S. and Mexico have been disputing the allocation of water supplies in the lower Rio Grande. The dispute centers upon a 1944 treaty provision that allocates to the U.S. one third of the flows reaching the main channel of the Rio Grande from certain tributaries on the Mexican side. The specified minimum amount of water that must be provided is 431 million cubic meters (350,000 acre-feet) as an annual average over a five-year period.

In the following exercise, we will add to our WEAP model a simplified representation of flow requirements as defined by the 1944 treaty.

24. Adding a flow requirement

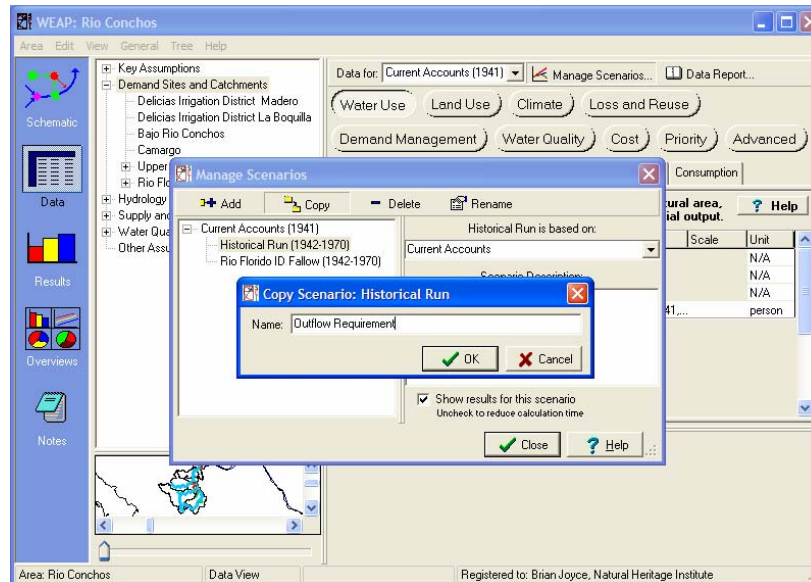
We need to add a Flow Requirement node to the schematic. From the Element window, pull a flow requirement node onto the schematic and place it just above the confluence of the Rio Conchos and Rio Grande. Give it the name “Rio Conchos Outflow” and keep the default demand priority, 1.



25. Create a new scenario

So far, we have run scenarios that assess the ability of the Rio Conchos water supply system to satisfy agricultural and urban demands. We are now interested in evaluating the impact of an additional demand on the system, a flow requirement at the terminus of the basin. To analyze the impact of additional water demands on the system, we need to create a new scenario that we can compare to our previous model results.

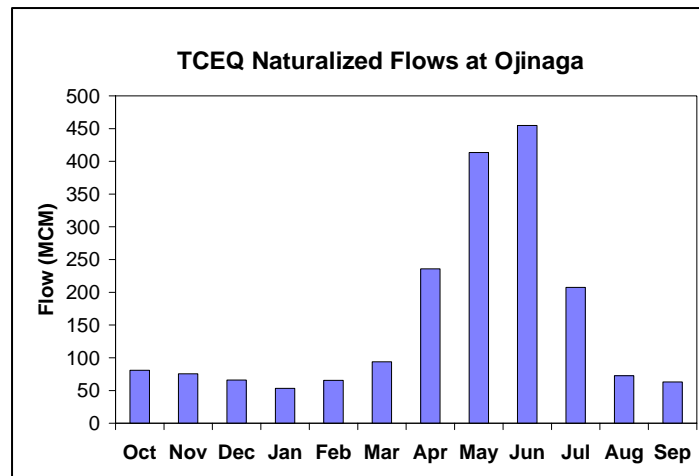
Create a new scenario based upon the Historical Run. Name it “Outflow Requirement.” Make sure to keep the default setting to show results for the scenario.



Select the “Outflow Requirement” scenario from the Data For field. We will now be editing only the data that applies to this scenario.

We now need to define monthly minimum streamflow requirements. The intent of the flow requirement will be to bring the minimum annual outflow of the Rio Conchos to 431 Mm³, or the entirety of flows required under the 1944 treaty. An effective way of achieving this objective is to utilize the high flow periods and relax flow requirements when flows are naturally low. We will use this approach to define monthly flow requirements. Below are a table and graph showing the average monthly naturalized Rio Conchos streamflows at Ojinaga.

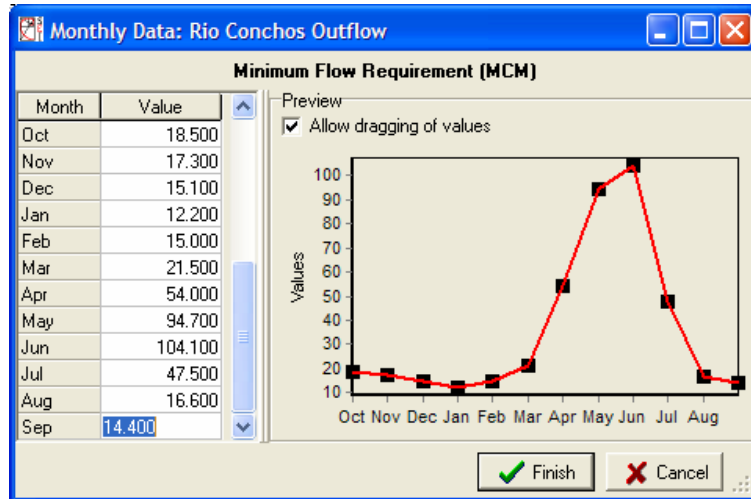
	Flow (MCM)	Percent of Annual Flow
Oct	81	4.30
Nov	75	4.01
Dec	66	3.50
Jan	53	2.83
Feb	65	3.48
Mar	94	4.99
Apr	236	12.53
May	413	21.97
Jun	455	24.16
Jul	207	11.02
Aug	73	3.86
Sep	63	3.35



Go to “*Supply and Resources / River / Rio Conchos / Flow Requirements*” in the Data Tree. Use the Monthly Time-Series Wizard to enter the following data:

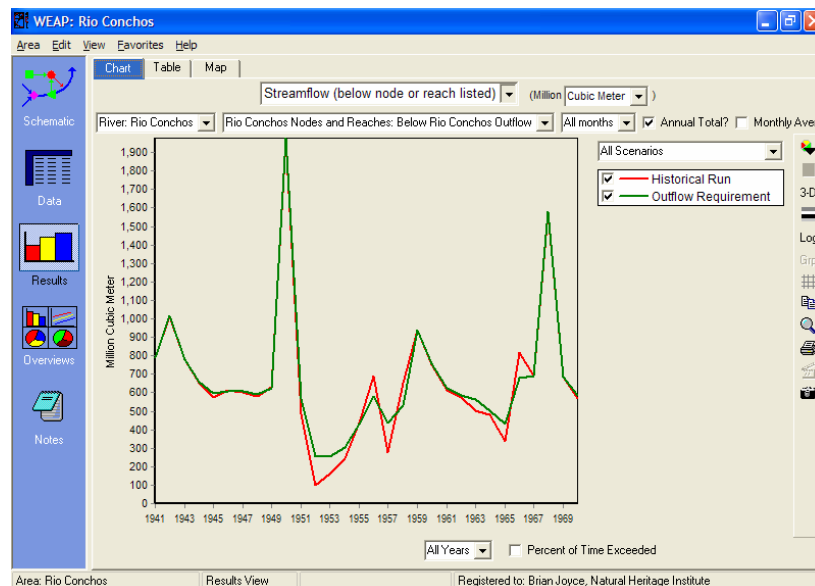
Oct	81
Nov	75

Dec 66
 Jan 53
 Feb 65
 Mar 94
 Apr 236
 May 413
 Jun 455
 Jul 207
 Aug 73
 Sep 63



26. Rerun the model

Rerun the model to view the impact of the flow requirement. Let's look first at Rio Conchos flows into the main branch of the Rio Grande. In the results window, select streamflows for the Rio Conchos below the Flow Requirement Node. If they are not already selected, choose all scenarios from the pulldown menu on the right side of the screen. Click the box next to Annual Total.



What was the impact on deliveries to the three irrigation districts? How were unmet demands affected?

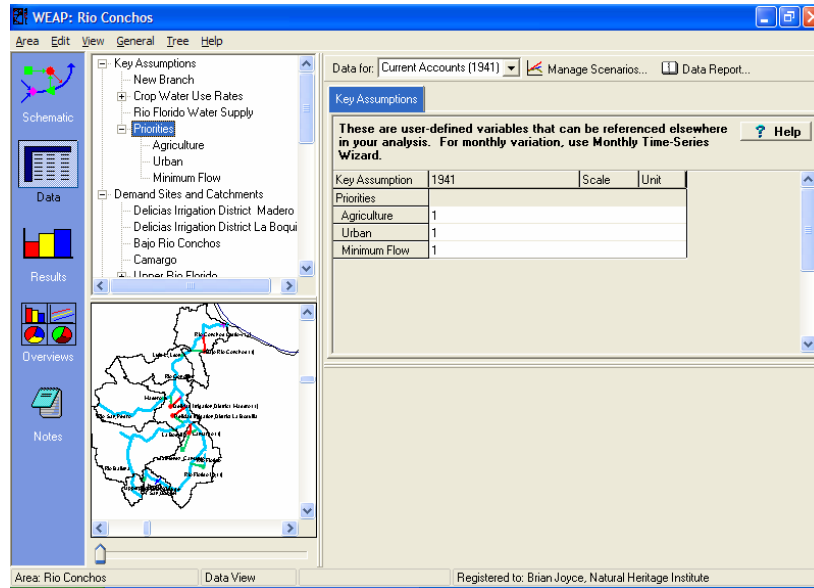
Adjusting Demand Priorities

We have just seen that instream flow requirements can impact the availability of water to other users in the basin in dry years. Recall, however, that we have imposed upon the Rio Conchos the entire flow obligation defined under the 1944 treaty. If we now assume that other tributaries will be able to meet some fraction of this flow requirement, then the Rio Conchos system has more flexibility to meet the various municipal and agricultural demands.

We will now define new scenarios that consider different configurations of delivery priority. For the purposes of this exercise, we will categorize demands as agricultural, urban, or minimum flow. Further distinctions within these categories could be applied, but we will keep it simple for now.

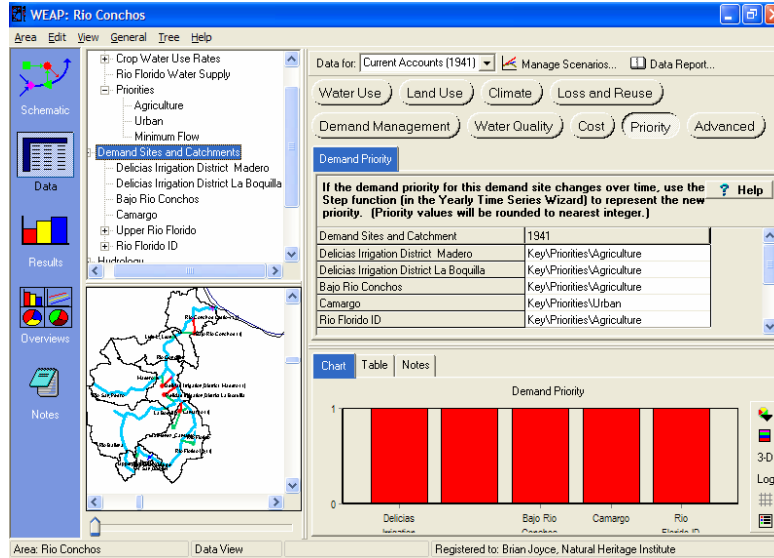
27. Define new variables

Create a new branch in the Key Assumptions and give it the name “Priorities.” Add the three categories: Agriculture, Urban, and Minimum Flow. Give Agriculture and Urban values of 1 and Minimum Flow a value of 2.

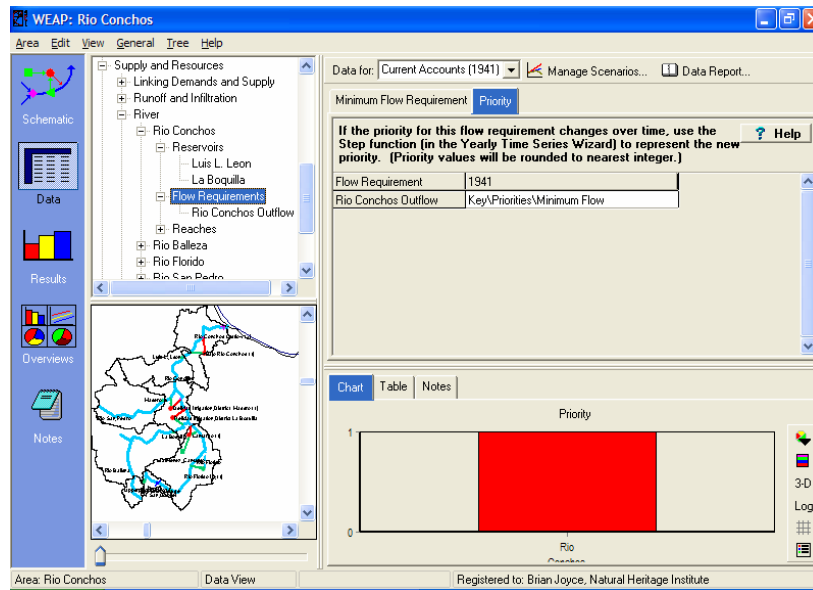


28. Update priority references

Select “Demand Sites and Catchments” from the Data Tree and go to the Priority window. Update the values to reference the Key Assumption variables that we just defined.



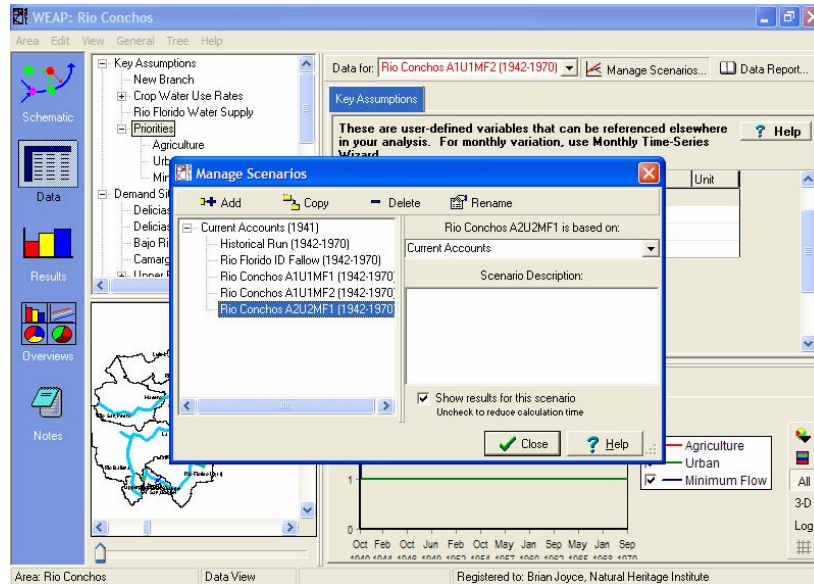
To update the priority for the flow requirement, select “Supply and Resources / River / Rio Conchos / Flow Requirements” in the Data Tree. Click the Priority tab and update the value to reference the Minimum Flow variable.



29. Create new scenarios

The previous model run assumed that agriculture and minimum flow requirements had the same level of delivery priority. Thus, in times of water shortage, both demands were treated equally. We are now going to assess the impacts of altering these priorities relative to one another. We will create two additional scenarios: one giving agriculture the highest delivery priority and the other giving minimum flows the highest delivery priority.

Go to the Manage Scenarios window and make a copy of the “Outflow Requirement” scenario. Give it the name “Rio Conchos A1U1MF2.” (The name suggests the relative priorities that we will assign: Agriculture = 1, Urban = 1, and Minimum Flows = 2). Repeat this process and name the second scenario “Rio Conchos A2U2MF1.” For consistency, rename the “Outflow Requirement” scenario “Rio Conchos A1U1MF1.” Also, to expedite model run time, disable the Historical Run by unchecking the box next to “Show results for this scenario.”

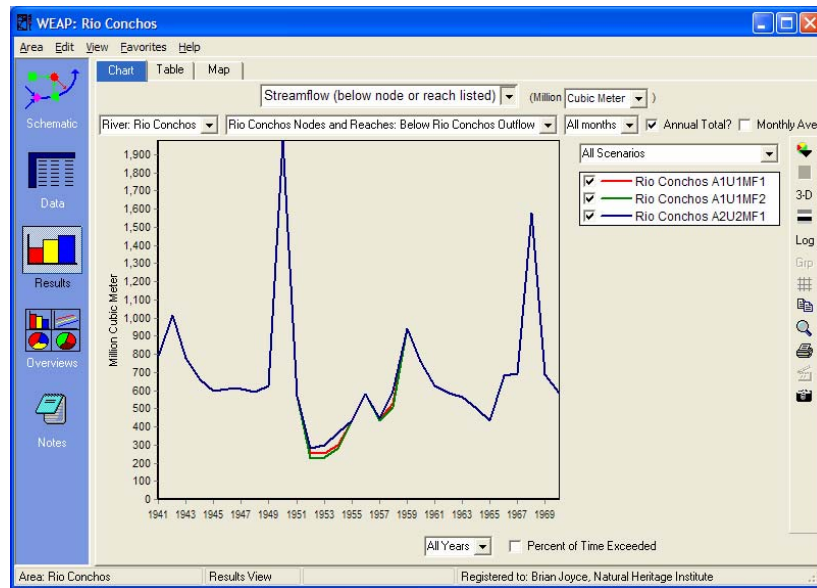


Select the “Rio Conchos A1U1MF2” scenario from the Data For field. Return to the Priorities branch under Key Assumptions in the Data Tree. Update the Minimum Flow entry to a value of 2.

Select the “Rio Conchos A2U2MF1” scenario from the Data For field. Assign the Agriculture and Urban entries values of 2.

30. Rerun the model

Rerun the model to view the impact of adjusting demand priorities. Let’s look again at Rio Conchos flows into the main branch of the Rio Grande. In the results window, select streamflows for the Rio Conchos below the Flow Requirement Node. If they are not already selected, choose all scenarios from the pulldown menu on the right side of the screen. Click the box next to Annual Total.



As we expected, the results appear to be affected only in dry years. What was the relative impact in terms of agricultural deliveries and unmet demands?

...///